

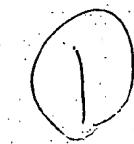
[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>6</sup>

G01J 3/46

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 96199756.7



[43] 公开日 1999 年 2 月 10 日

[11] 公开号 CN 1207808A

[22] 申请日 96.3.21 [21] 申请号 96199756.7

[30] 优先权

[32] 96.2.22 [33] JP [31] 61792/96

✓ [86] 国际申请 PCT/JP96/00738 96.3.21

[87] 国际公布 WO97/31247 日 97.8.28

[85] 进入国家阶段日期 98.7.23

[71] 申请人 东陶机器株式会社

地址 日本福冈县

[72] 发明人 熊本洋 井本英治

玉江宽志 足立信夫

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

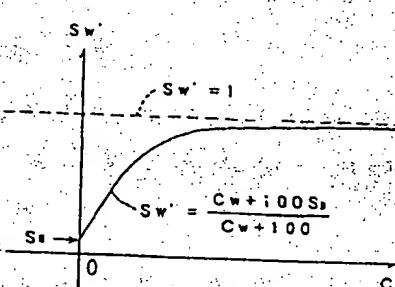
代理人 程天正 叶恺东

权利要求书 8 页 说明书 44 页 附图页数 24 页

[54] 发明名称 计算机彩色匹配方法及装置

[57] 摘要

用白色颜料调合率  $C_w$  的函数表示被着色物和白色颜料的混合物的散射系数  $S_{w'}$ 。然后, 对验证用样品进行计算机彩色匹配, 确定预测精度高的值作为表示散射系数  $S_{w'}$  的函数中包含的系数 a、b、c、d(或  $S_n$ )。然后, 利用由所确定的函数给出的散射系数  $S_{w'}$ , 求(被着色物 + 白色颜料)的吸收系数、其它有色颜料的吸收系数及散射系数。用这样求得的各成分的物性值进行计算机彩色匹配, 预测混合物的调合比例。在该计算机彩色匹配中, 通过利用纽拉尔网络, 能减小预测误差。



(BJ) 第 1456 号

BEST AVAILABLE COPY

# 权 利 要 求 书

1. 一种利用计算机彩色匹配进行着色剂的调合比例的预测或混合物的颜色预测的方法，包括：

作为与上述白色着色剂的调合率  $C_w$  相关的函数  $f(C_w)$  而准备将白色着色剂混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_w'$  的工序；

以上述散射系数  $S_w'$  为基准，按与上述调合率  $C_w$  相关的形式，求上述第一混合物的吸收系数  $K_w'$  的工序；

以上述散射系数  $S_w'$  为基准，按与上述有色着色剂的调合率  $C_p$  相关的形式，求不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的工序；以及

通过进行使用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$  的计算机彩色匹配，求用于调整具有所希望的颜色的混合物的着色剂的调合比例或由所希望的调合比例生成的混合物的颜色的工序。

15 2. 根据权利要求 1 所述的计算机彩色匹配方法，其特征在于：准备上述第一混合物的散射系数  $S_w'$  的工序包括：

(a) 将上述白色着色剂混合在上述被着色物中，作成上述白色着色剂的调合率  $C_w$  不同的多个第一混合物，同时分别测定上述多个第一混合物的分光反射率的工序；

20 (b) 作成将上述有色着色物混合在上述被着色物中的第二混合物，同时测定上述第二混合物的分光反射率的工序；

(c) 将上述白色着色剂和上述有色着色剂混合在上述被着色物中，作成上述有色着色剂的调合率  $C_p$  不同的多个第三混合物，同时分别测定上述多个第三混合物的分光反射率的工序；

25 (d) 将上述白色着色剂和上述有色着色剂混合在上述被着色物中，作成调合比例与上述第三混合物不同的第四混合物，同时测定上述第四混合物的分光反射率的工序；

(e) 用上述白色着色剂的调合率  $C_w$  的函数  $f(C_w)$  表示上述多个第一混合物的散射系数  $S_w'$ ，同时暂时确定上述函数  $f(C_w)$  中包含的系数的值的工序；

30 (f) 用上述多个第一混合物的分光反射率的测定值和上述函数  $f(C_w)$ ，按与上述调合率  $C_w$  相关的形式，求上述第一混合物的吸收系数  $K_w'$ ，

的工序;

(g) 用上述第二混合物的分光反射率、上述多个第三混合物的分光反射率、上述函数  $f(C_w)$  和上述吸收系数  $K_w'$ , 按与上述调合率  $C_p$  相关的形式, 分别求上述有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的工序;

5 (h) 用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及上述散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$ , 进行与上述第四混合物有关的计算机彩色匹配, 同时修正上述函数  $f(C_w)$  中包含的系数, 以便提高由上述计算机彩色匹配进行的预测精度的工序; 以及

(i) 通过反复进行上述工序 (f) 至 (h), 确定上述函数  $f(C_w)$  中包含的系数的工序。

10 3. 根据权利要求 1 或 2 所述的计算机彩色匹配方法, 其特征在于:

用包含常数  $a_1$  和系数  $S_B$  的下式给出上述函数  $f(C_w)$ :

$$f(C_w) = (C_w + a_1 \cdot S_B) / (C_w + a_1).$$

4. 根据权利要求 1 所述的计算机彩色匹配方法, 其特征在于:

进行上述计算机彩色匹配的工序包括:

(a) 混合多种着色剂, 准备调合率互不相同的多个样品的工序;

15 (b) 分别测定上述多个样品的分光反射率, 同时根据上述分光反射率的测定值, 求表示上述多个样品各自的颜色的规定的表色系统的坐标值的实测值的工序;

20 (c) 对上述多个样品的每一个, 利用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及上述散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$ , 求上述表色系统的坐标值的预测值, 同时算出上述表色系统的坐标值的预测误差的工序;

(d) 用规定的误差修正法, 分析与上述多个样品相关的上述表色系统的坐标值和上述预测误差的关系的工序; 以及

25 (e) 用上述误差修正法, 边修正计算机彩色匹配的目标值或预测值, 边用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及上述散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$  进行新的混合物的着色剂的调合比例的预测或混合物的颜色预测的工序。

5. 根据权利要求 1 所述的计算机彩色匹配方法, 其特征在于:

进行上述计算机彩色匹配的工序包括:

30 (a) 着色剂的调合率已知, 对具有与上述所希望的颜色接近的颜色的接近色样品, 求规定的表色系统的坐标的实测值的工序;

(b) 根据上述接近色样品的已知的调合比例, 用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及上述散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$ , 求表示上述接近色样品的颜色的上述表色系

统的坐标的计算值，再根据上述实测值和上述计算值，求计算误差的工序；

(c) 对上述目标混合物的颜色设定上述表色系统的坐标的目标值的工序；以及

5 (d) 用上述计算误差修正上述目标值，通过用修正后的目标值和上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及上述散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$  进行计算机彩色匹配，预测上述目标混合物的着色剂的调合比例的工序。

6. 根据权利要求 1 所述的计算机彩色匹配方法，其特征在于：

10 进行上述计算机彩色匹配的工序包括为了使调合了多种着色剂的调合物呈现近似于所希望的目标色的颜色而求该多种着色剂的调合比例的工序；

求上述调合比例的工序包括：

(a) 对呈上述目标色的调合物样品，求出规定的表色系统中的色评价值的实测值的工序；

15 (b) 对用已知的调合比例调合了上述着色剂的一次调合物，求出上述规定的表色系统中的色评价值的实测值的工序；

(c) 根据上述一次调合物的上述已知的调合比例，用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及上述散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$ ，求出上述一次调合物呈现的颜色的上述规定的表色系统中的色评价值的计算值的工序；

20 (d) 如果对上述一次调合物进行了上述着色剂的增量修正，则用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及上述散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$ ，求出假定的着色剂增量调合物的上述规定的表色系统中的色评价值的计算值，同时求出从上述一次调合物变到上述着色剂增量调合物的上述色评价值的计算值的变化量的工序；以及

25 (e) 根据上述色评价值的计算值的变化量，算出上述着色剂各自的增量修正量，以便使上述调合物样品和上述一次调合物的上述色评价值的实测值之差与规定范围一致的工序。

7. 一种利用计算机彩色匹配进行着色剂的调合比例的预测或混合物的颜色预测的方法，包括：

30 (a) 混合多种着色剂，准备调合率互不相同的多个样品的工序；

(b) 分别测定上述多个样品的分光反射率，同时根据上述分光反射率的测定值，求表示上述多个样品各自的颜色的规定的表色系统的坐标

值的实测值的工序；

(c) 对上述多个样品，算出上述表色系统的坐标值的预测误差的工序；

5 (d) 用规定的误差修正法，分析与上述多个样品相关的上述表色系统的坐标值和上述预测误差的关系的工序；以及

(e) 用上述误差修正法，边修正计算机彩色匹配的目标值或预测值，边用计算机彩色匹配进行新的混合物的着色剂的调合比例的预测或混合物的颜色预测的工序。

8. 根据权利要求 7 所述的计算机彩色匹配方法，其特征在于：

10 上述工序 (d) 包括使纽拉尔网络学习与上述多个样品有关的上述表色系统的坐标值和上述预测误差的关系的工序，

上述工序 (e) 包括用学习过的纽拉尔网络，进行用计算机彩色匹配进行的预测的工序。

9. 根据权利要求 8 所述的计算机彩色匹配方法，其特征在于：

15 上述纽拉尔网络有由以下三层构成的层次结构：由 3 个神经元构成的输入层；包含多个神经元的中间层；以及由 3 个神经元构成的输出层。

10. 一种通过计算机彩色匹配预测具有所希望的颜色的目标混合物的着色剂的调合比例的方法，包括：

(a) 着色剂的调合率已知，对具有与上述所希望的颜色接近的颜色的接近色样品，求规定的表色系统的坐标的实测值的工序；

(b) 根据上述接近色样品的已知的调合比例，求表示上述接近色样品的颜色的上述表色系统的坐标的计算值，再根据上述实测值和上述计算值，求计算误差的工序；

(c) 对上述目标混合物的颜色设定上述表色系统的坐标的目標值的工序；以及

(d) 用上述计算误差修正上述目標值，通过用修正后的目標值进行计算机彩色匹配，预测上述目标混合物的着色剂的调合比例的工序。

11. 根据权利要求 10 所述的计算机彩色匹配方法，其特征在于：

上述工序 (a) 包括对多个样品，通过从包含着色剂的调合比例和上述表色系统的坐标的实测值的数据库选择与上述目标混合物的色差为最小的样品，检索上述接近色样品的工序。

12. 一种为了使调合了多种着色剂的调合物呈现近似于所希望的目

标色的颜色而求该多种着色剂的调合比例的计算机彩色匹配方法，包括：

- (a) 对呈上述目标色的调合物样品，求出规定的表色系统中的色评价值的实测值的工序；
- 5 (b) 对用已知的调合比例调合了上述着色剂的一次调合物，求出上述规定的表色系统中的色评价值的实测值的工序；
- (c) 根据上述一次调合物的上述已知的调合比例，求出上述一次调合物呈现的颜色的上述规定的表色系统中的色评价值的计算值的工序；
- 10 (d) 如果对上述一次调合物进行了上述着色剂的增量修正，则求出假定的着色剂增量调合物的上述规定的表色系统中的色评价值的计算值，求出从上述一次调合物变到上述着色剂增量调合物的上述色评价值的计算值的变化量的工序；以及
- 15 (e) 根据上述色评价值的计算值的变化量，算出上述着色剂各自的增量修正量，以便使上述调合物样品和上述一次调合物的上述色评价值的实测值之差与规定范围一致的工序。

13. 根据权利要求 12 所述的计算机彩色匹配方法，其特征在于：

上述工序 (d) 包括与上述一次调合物中的上述着色剂的调合量相比，假定对上述一次调合物进行了微量的上述着色剂的增量修正后，求上述色评价值的计算值的变化量的工序。

20 14. 根据权利要求 12 或 13 所述的计算机彩色匹配方法，其特征在于：

上述工序 (e) 包括在使用表示随上述着色剂的增量而增加的费用的费用函数的线性规划法时，算出上述各着色剂的最小增量修正量的工序。

25 15. 一种利用计算机彩色匹配进行着色剂的调合比例的预测或混合物的颜色预测的装置，包括：

作为与上述白色着色剂的调合率  $C_w$  相关的函数  $f(C_w)$  而准备将白色着色剂混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_w'$  的部件；

30 以上述散射系数  $S_w'$  为基准，按与上述调合率  $C_w$  相关的形式，求上述第一混合物的吸收系数  $K_w'$  的部件；

以上述散射系数  $S_w'$  为基准，按与上述有色着色剂的调合率  $C_p$  相关

的形式，求不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的部件；以及

通过进行使用上述吸收系数  $K_p'$ 、 $K_p$  及散射系数  $S_p'$ 、 $S_p$  的计算机彩色匹配，求用于调整具有所希望的颜色的混合物的着色剂的调合比例或由所希望的调合比例生成的混合物的颜色的部件。

16. 一种利用计算机彩色匹配进行着色剂的调合比例的预测或混合物的颜色预测的装置，包括：

分别测定通过混合多种着色剂作成的调合率互不相同的多个样品的分光反射率的部件；

根据上述分光反射率的测定值，求表示上述多个样品各自的颜色的规定的表色系统的坐标值的实测值的部件；

与上述多个样品的每一个相关地算出上述表色系统的坐标值的预测误差的部件；

用规定的误差修正法，分析与上述多个样品相关的上述表色系统的坐标值和上述预测误差的关系的部件；以及

用上述误差修正法，一边修正计算机彩色匹配的目标值或预测值，一边通过计算机彩色匹配进行新的混合物的着色剂的调合比例的预测或混合物的颜色预测的部件。

17. 一种利用计算机彩色匹配、预测具有所希望的颜色的目标混合物的着色剂的调合比例的装置，包括：

对着色剂的调合率已知、具有与上述所希望的颜色接近的颜色的接近色样品，求出规定的表色系统的坐标的实测值的部件；

根据上述接近色样品的已知的调合比例求出表示上述接近色样品的颜色的上述表色系统的坐标的计算值、再根据上述实测值和上述计算值求计算误差的部件；

对上述目标混合物的颜色设定上述表色系统的坐标的目標值的部件；以及

用上述计算误差修正上述目標值、通过用修正后的目標值进行计算机彩色匹配来预测上述目标混合物的着色剂的调合比例的部件。

18. 一种为了使调合了多种着色剂的调合物呈现近似于所希望的目标色的颜色而求该多种着色剂的调合比例的计算机彩色匹配装置，包括：

对呈上述目标色的调合物样品，求出规定的表色系统中的色评价值的实测值的部件；

对用已知的调合比例调合了上述着色剂的一次调合物，求出上述规定的表色系统中的色评价值的实测值的部件；

根据上述一次调合物的上述已知的调合比例，求出上述一次调合物呈现的颜色的上述规定的表色系统中的色评价值的计算值的部件；

如果对上述一次调合物进行了上述着色剂的增量修正，则求出假定的着色剂增量调合物的上述规定的表色系统中的色评价值的计算值，求出从上述一次调合物变到上述着色剂增量调合物的上述色评价值的计算值的变化量的部件；以及

根据上述色评价值的计算值的变化量，算出上述着色剂各自的增量修正量，以便使上述调合物样品和上述一次调合物的上述色评价值的实测值之差与规定范围一致的部件。

19. 一种确定计算机彩色匹配中使用的着色剂的吸收系数和散射系数的方法，包括：

确定将白色着色剂混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  的工序；以及

以上述散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  中的至少一者为基准，分别确定不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值的工序。

20. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征在于：

上述第一混合物的散射系数  $S_v'$  可由包含上述白色着色剂的调合率  $C_v$ 、常数  $a_1$  和系数  $S_B$  的如下关系式给出：

$$S_v' = (C_v + a_1 \cdot S_B) / (C_v + a_1)$$

21. 根据权利要求 19 所述的方法，其特征在于：

上述第一混合物的散射系数  $S_v'$  可由包含上述白色着色剂的调合率  $C_v$  和常数  $a$ 、 $b$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $C_{v0}$  的如下关系式给出：

$$S_v' = a \cdot C_v + b \quad (C_{v0} < C_v)$$

$$S_v' = d \cdot C_v + e \quad (C_v < C_{v0})$$

22. 一种利用计算机彩色匹配作成的混合釉，该混合釉如下生成：

确定将白色着色剂混合在不是无色透明的底釉中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$ ，

以上述散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  中的至少一者为基准，分别确定

不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值，

通过进行使用上述吸收系数  $K_v'$ 、 $K_p$  及散射系数  $S_v'$ 、 $S_p$  的计算机彩色匹配，预测调整具有所希望的颜色的混合釉用的着色剂的调合比例或用规定的调合比例生成的混合釉的颜色，

5 将上述底釉、上述白色着色剂和上述有色着色剂混合起来，以便具有上述预测的调合比例或上述预测的颜色。

23. 一种利用计算机彩色匹配作成混合釉后再用该混合釉制造的陶瓷器，用混合釉将陶瓷器的毛坯的至少一部分覆盖起来，混合釉如下生成：

10 确定将白色着色剂混合在不是无色透明的底釉中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$ ；

以上述散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  中的至少一者为基准，分别确定不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值，

15 通过进行使用上述吸收系数  $K_v'$ 、 $K_p$  及散射系数  $S_v'$ 、 $S_p$  的计算机彩色匹配，预测用于调整具有所希望的颜色的混合釉的着色剂的调合比例或用规定的调合比例生成的混合釉的颜色，

将上述底釉、上述白色着色剂和上述有色着色剂混合起来，以便具有上述预测的调合比例或上述预测的颜色。

24. 一种确定计算机彩色匹配中使用的着色剂的吸收系数和散射系数的方法，包括：

确定将成为基准的颜料混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  的工序；以及

以上述散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  中的至少一者为基准，分别确定有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值的工序。

25. 一种确定计算机彩色匹配中使用的着色剂的吸收系数和散射系数的装置，包括：

确定将成为基准的颜料混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  的装置；以及

以上述散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  中的至少一者为基准，分别确定有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值的装置。

26. 一种马桶，利用计算机彩色匹配作成混合釉后，再用该混合釉制造。

# 说 明 书

## 计算机彩色匹配方法及装置

### 技术领域

5 本发明涉及利用计算机彩色匹配预测着色剂的调合比例或混合物的颜色的方法及其使用的装置.

### 背景技术

为了预测将颜料或染料等着色剂混合在被着色物中之后的混合物的颜色，可以利用所谓计算机彩色匹配方法。在计算机彩色匹配方法中，  
10 能够使用被着色物和着色剂的吸收系数  $K_i(\lambda)$  和散射系数  $S_i(\lambda)$ ，根据旦干 (Duncan) 公式 (式 1) 和利用库贝尔卡-漫柯 (Kubelka-Munk) 的混合色理论的公式 (式 2)，求出任意混合物的分光反射率  $R(\lambda)$ 。

$$K_M = \sum_{i=1}^n C_i K_i \quad \dots \dots (1a)$$

$$S_M = \sum_{i=1}^n C_i S_i \quad \dots \dots (1b)$$

$$\left( \frac{K}{S} \right)_M = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad \dots \dots (2)$$

式中， $K_M$ 、 $S_M$  分别是混合物的吸收系数和散射系数， $K_i$ 、 $S_i$  分别是第  $i$  个成分的吸收系数和散射系数， $C_i$  是第  $i$  个成分的调合率。其中，在本说明书中的公式中，将表示与波长  $\lambda$  相关的 “( $\lambda$ )” 省略。混合物的成分是被着色物和着色剂。  
20

如果解混合物的分光反射率  $R(\lambda)$ ，则由于能计算该混合物的三个刺激值  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ ，所以能算出混合物的颜色。

在进行计算机彩色匹配时，必须预先求出被着色物和各种着色剂的吸收系数  $K_i(\lambda)$  和散射系数  $S_i(\lambda)$ 。可是在许多情况下，求吸收系数  $K_i(\lambda)$  和散射系数  $S_i(\lambda)$  未必容易。  
25

作为求被着色物和各种着色剂的吸收系数  $K_i(\lambda)$  和散射系数  $S_i(\lambda)$  的方法，有绝对法和相对法。绝对法是求各种物质的吸收系数  $K_i$

( $\lambda$ ) 和散射系数  $S_i(\lambda)$  的绝对值的方法。而相对法是假定作为基准的颜料（通常是白色颜料）的散射系数  $S_w$  为 1、然后求各种物质的吸收系数  $K_i(\lambda)$  和散射系数  $S_i(\lambda)$  的相对值的方法。如式(2)所示，混合物的分光反射率  $R(\lambda)$  由混合物的吸收系数  $K_u$  和散射系数  $S_u$  给出。  
5 因此，即使不知道各种物质的吸收系数  $K_i(\lambda)$  和散射系数  $S_i(\lambda)$  的绝对值，但如果解出各种物质的吸收系数  $K_i(\lambda)$  和散射系数  $S_i(\lambda)$  的相对值，也能从式 1 及式 2 求出正确的分光反射率  $R(\lambda)$ 。由于用绝对法作成样品是相当困难的，需要进行复杂的操作，所以，通常采用相对法。

10 按照现有的相对法求各种物质的吸收系数  $K_i(\lambda)$  和散射系数  $S_i(\lambda)$  时，如下确定作为基准的白色颜料的吸收系数  $K_w(\lambda)$  和散射系数  $S_w$ 。首先，作成在被着色物中只混合了白色颜料的混合物，然后测定其分光反射率  $R(\lambda)$ 。在现有的相对法中，将被着色物看成是无色透明的，被着色物的吸收系数和散射系数都假定为 0。因此，对于只将被着色物和白色颜料混合起来的混合物来说，由上式 1 给出的吸收系数  $K_u(\lambda)$  和散射系数  $S_u(\lambda)$  分别等于白色颜料的散射系数  $S_w$  和吸收系数  $K_w(\lambda)$ 。另外，在上式 2 中，如果假定  $S_u=S_w=1$ ，则根据分光反射率  $R(\lambda)$  的测定值，就能求出白色颜料的吸收系数  $K_w(\lambda)$ 。

15 如上所述，在现有的相对法中，将被着色物看成是无色透明的，其吸收系数和散射系数都假定为 0。

20 可是，在现实中以陶瓷器等为主，被着色物（在陶瓷器的情况下为釉层）多半不是无色透明的。在白色颜料的调合率大的情况下，虽然由于将被着色物看成是无色透明的而引起的误差较小，但在白色颜料的调合率小的情况下，其误差却大到不能忽视的程度。为了避免这样的误差，  
25 在上式 1 中，必须考虑不是无色透明的被着色物的吸收系数和散射系数。可是，为了求被着色物的吸收系数和散射系数，需要进行制作被着色物单质的薄板等复杂的作业。特别是在象陶器上的釉似的用单质作成薄板难以被着色的情况下，计算不是无色透明的被着色物的吸收系数和散射系数是困难的。

30 本发明的第一个目的在于考虑不是无色透明的被着色物的吸收系数和散射系数，进行计算机彩色匹配。

本发明的第二个目的在于减小计算机彩色匹配中的预测误差。

本发明的第三个目的在于利用计算机彩色匹配，谋求调合过的着色剂的有效利用，并简化其再调合。

### 发明的公开

本发明涉及利用计算机彩色匹配预测着色剂的调合比例或混合物的5 颜色的方法。该计算机彩色匹配方法包括如下工序：

作为与上述白色着色剂的调合率  $C_v$  相关的函数  $f(C_v)$  而准备将白色着色剂混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  的工序；

以上述散射系数  $S_v'$  为基准，按与上述调合率  $C_v$  相关的形式，求上10 第一混合物的吸收系数  $K_v'$  的工序；

以上述散射系数  $S_v'$  为基准，按与上述有色着色剂的调合率  $C_p$  相关的形式，求不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的工序；以及

通过进行使用上述吸收系数  $K_v'$ 、 $K_p$  及散射系数  $S_v'$ 、 $S_p$  的计算机彩15 色匹配，~~来用~~调整具有所希望颜色的混合物的着色剂的调合比例或用所希望的调合比例生成的混合物的颜色的工序。

在上述方法中，用函数  $f(C_v)$  表示将白色着色剂混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_v'$ ，将该散射系数  $S_v'$  作为基准使用，所以，能在散射系数  $S_v'$  中包含不是无色透明的被着色物的影响。

在优选实施例中，准备上述第一混合物的散射系数  $S_v'$  的工序包括：

(a) 将上述白色着色剂混合在上述被着色物中，作成上述白色着色剂的调合率  $C_v$  不同的多个第一混合物，同时分别测定上述多个第一混合物的分光反射率的工序；

25 (b) 作成将上述有色着色物混合在上述被着色物中的第二混合物，同时测定上述第二混合物的分光反射率的工序；

(c) 将上述白色着色剂和上述有色着色剂混合在上述被着色物中，作成上述有色着色剂的调合率  $C_p$  不同的多个第三混合物，同时分别测定上述多个第三混合物的分光反射率的工序；

30 (d) 将上述白色着色剂和上述有色着色剂混合在上述被着色物中，作成调合比例与上述第三混合物不同的第四混合物，同时测定上述第四混合物的分光反射率的工序；

(e) 用上述白色着色剂的调合率  $C_w$  的函数  $f(C_w)$  表示上述多个第一混合物的散射系数  $S_w'$ , 同时暂时确定上述函数  $f(C_w)$  中包含的系数的值的工序;

5 (f) 用上述多个第一混合物的分光反射率的测定值和上述函数  $f(C_w)$ , 按与上述调合率  $C_w$  相关的形式, 求上述第一混合物的吸收系数  $K_w'$  的工序;

10 (g) 用上述第二混合物的分光反射率、上述多个第三混合物的分光反射率、上述函数  $f(C_w)$  和上述吸收系数  $K_w'$ , 按与上述调合率  $C_p$  相关的形式, 分别求上述有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的工序;

15 (h) 用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及上述散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$ , 进行与上述第四混合物有关的计算机彩色匹配, 同时修正上述函数  $f(C_w)$  中包含的系数, 以便提高由上述计算机彩色匹配进行的预测精度的工序; 以及

· (i) 通过反复进行上述工序(f)至(h), 确定上述函数  $f(C_w)$  中包含的系数的工序.

如果这样确定函数  $f(C_w)$  的系数, 则能求得函数  $f(C_w)$  的系数, 以便提高由上述计算机彩色匹配进行的预测精度.

最好用包含常数  $a_1$  和系数  $S_B$  的下式给出上述函数  $f(C_w)$ :

$$f(C_w) = (C_w + a_1 \cdot S_B) / (C_w + a_1).$$

上述函数  $f(C_w)$  的形式是在假定白色着色剂单独的散射系数为 1 的情况下在理论上获得的, 所以, 作为表示散射系数  $S_w'$  的函数是适宜的. 另外, 由于具有只包含一个系数  $S_B$  的简单的形式, 所以容易确定系数  $S_B$ .

如果采用本发明的另一方面, 则计算机彩色匹配方法包括: (a) 混合多种着色剂, 准备调合率互不相同的多个样品的工序; (b) 分别测定上述多个样品的分光反射率, 同时根据上述分光反射率的测定值, 求表示上述多个样品的各自的颜色的、规定的表色系统的坐标值的实测值的工序; (c) 与上述多个样品的每一个相关地算出上述表色系统的坐标值的预测误差的工序; (d) 用规定的误差修正法, 分析与上述多个样品相关的上述表色系统的坐标值和上述预测误差的关系的工序; 以及 (e) 用上述误差修正法, 边修正计算机彩色匹配的目标值或预测值, 边通过计算机彩色匹配预测新的混合物的着色剂的调合比例或混合物的颜色的工序.

由于用规定的误差修正法分析与多个样品相关的、规定的表色系统的坐标值及其预测误差，用该误差修正法，边修正计算机彩色匹配的目标值或预测值边进行预测，所以，不修正各成分的吸收系数  $K_i$  和散射系数  $S_i$ ，就能减少预测误差。

在优选实施例中，上述工序(d)包括使纽拉尔网络学习与上述多个样品有关的上述表色系统的坐标值与上述预测误差的关系的工序，上述工序(e)包括用学习过的纽拉尔网络进行利用计算机彩色匹配的预测的工序。

如果用纽拉尔网络修正预测误差，则由于学习许多样品，所以能减小预测误差。

另外，上述纽拉尔网络最好有由以下三层构成的层次结构：由 3 个神经元构成的输入层；包含多个神经元的中间层；以及由 3 个神经元构成的输出层。

如果采用本发明的另一方面，则 ~~计算机彩色匹配方法是三种预测具有有所希望的颜色的目标混合物的着色剂的调合比例的方法。该方法包括：~~

(a) 着色剂的调合率已知，对具有与上述所希望的颜色相接近的颜色的接近色样品，求出规定的表色系统的坐标的实测值的工序；

(b) 根据上述接近色样品的已知的调合比例，求出表示上述接近色样品的颜色的上述表色系统的坐标的计算值，再根据上述实测值和上述计算值求计算误差的工序；

(c) 对上述目标混合物的颜色，设定上述表色系统的坐标的目標值的工序；以及

(d) 用上述计算误差修正上述目標值，通过用修正后的目標值进行计算机彩色匹配，预测上述目标混合物的着色剂的调合比例的工序。

由于用接近色样品的表色系统的坐标值的计算误差修正目标混合物的表色系统的坐标的目標值，用修正后的目標值进行计算机彩色匹配，所以，能在降低了表色系统的坐标值的计算误差的条件下进行计算机彩色匹配。

如果采用优选实施例，则上述工序(a)包括如下工序，对多个样品，根据包含着色剂的调合比例和上述表色系统的坐标的实测值的数据库，选择与上述目标混合物的色差为最小的样品，检索上述接近色样品的工

序。

如果从数据库检索色差为最小的样品作为接近色样品，则能降低对具有任意颜色的目标混合物的计算机彩色匹配的预测误差。

如果采用本发明的另一方面，则计算机彩色匹配方法是一种为了使调合了多种着色剂的调合物呈现近似于所希望的目标色的颜色而求该多种着色剂的调合比例的方法，该方法包括：

(a) 对呈上述目标色的调合物样品，求出规定的表色系统中的色评价值的实测值的工序；

(b) 对用已知的调合比例调合了上述着色剂的一次调合物，求出上述规定的表色系统中的色评价值的实测值的工序；

(c) 根据上述一次调合物的上述已知的调合比例，求出上述一次调合物呈现的颜色的、上述规定的表色系统中的色评价值的计算值的工序；

(d) 如果对上述一次调合物进行了上述着色剂的增量修正，则求出假定的着色剂增量调合物在上述规定的表色系统中的色评价值的计算值，求出从上述一次调合物变到上述着色剂增量调合物的上述色评价值的计算值的变化量的工序；以及

(e) 根据上述色评价值的计算值的变化量，算出上述着色剂各自的增量修正量，以便使上述调合物样品和上述一次调合物的上述色评价值的实测值之差与规定范围一致的工序。

在上述计算机彩色匹配方法中，在对调合比例为已知的一次调合物暂时修正了着色剂的增量的情况下，求这时的色评价值的计算值的变化量。然后，根据该色评价值的计算值的变化量，算出各着色剂的增量修正量，使调合物样品和上述一次调合物的色评价值的实测值之差与规定范围一致。因此，如果将所求得的增量修正量的各着色剂实际增加调合到一次调合物中，则能将一次调合物再次调合成呈现调合物样品的目标色或与其近似的颜色的调合物。因此，如果采用本发明的计算机彩色匹配方法，由于不求表示着色剂被除去的负的修正量，所以，不需要将已调合过的着色剂的调合物（一次调合物）废弃，而能有效地利用现存的调合物。另外，这时即使没有现存的调合物，而是通过新的试验调合一次调合物，技术人员只需进行一次调合即可，而且，这时不依靠技术人员多年的直觉或经验，所以能简化调合物的再调合。

在优选实施例中，上述工序(d)包括如下工序：在假定与上述一次调合物中的上述着色剂的调合量相比、对上述一次调合物进行了微量的上述着色剂的增量修正的情况下，求上述色评价值的计算值的变化量的工序。

5 在该计算机彩色匹配方法中，以微量单位进行为了求色评价值的计算值的变化量而进行的着色剂的临时增量修正，能求得微小单位的变化量。因此，通过以高精度求得各着色剂的增量修正量，能获得能呈现与目标色相当一致的颜色的调合物。

10 另外，上述工序(e)最好包括在使用表示随上述着色剂的增量而增加的费用的费用函数的线性规划法时，算出上述各着色剂的最小增量修正量的工序。

在该计算机彩色匹配方法中，由于能算出实际增加各着色剂的量时的最小增量修正量，所以，能通过降低着色剂的使用量来谋求增加的费用的最小化，能降低成本。

15 本发明还提供一种利用计算机彩色匹配预测着色剂的调合比例或混合物的颜色的装置。该装置包括：

作为与上述白色着色剂的调合率  $C_V$  相关的函数  $f(C_V)$  而制作将白色着色剂混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_V'$  的部件；

20 以上述散射系数  $S_V'$  为基准，按与上述调合率  $C_V$  相关的形式，求上述第一混合物的吸收系数  $K_V'$  的部件；

以上述散射系数  $S_V'$  为基准，按与上述有色着色剂的调合率  $C_P$  相关的形式，求不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_P$  和散射系数  $S_P$  的部件；以及

25 通过进行使用上述吸收系数  $K_V'$ 、 $K_P$  及散射系数  $S_V'$ 、 $S_P$  的计算机彩色匹配，求用于调整具有所希望的颜色的混合物的着色剂的调合比例或由规定的调合比例生成的混合物的颜色的部件。

如果采用本发明的另一方面，则计算机彩色匹配装置包括：

分别测定通过混合多种着色剂而作成的、调合率互不相同的多个样品的分光反射率的部件；

30 根据上述分光反射率的测定值，求表示上述多个样品各自的颜色的规定表色系统的坐标值的实测值的部件；

对上述多个样品的每一个，算出上述表色系统的坐标值的预测误差的部件；

用规定的误差修正法，分析与上述多个样品相关的上述表色系统的坐标值和上述预测误差的关系的部件；以及

5 用上述误差修正法，边修正计算机彩色匹配的目标值或预测值，边通过计算机彩色匹配预测新的混合物的着色剂的调合比例或混合物的颜色的部件。

如果采用本发明的另一方面，则计算机彩色匹配装置包括：

10 对着色剂的调合率已知、具有与上述所希望的颜色接近的颜色的接近色样品，求出规定的表色系统的坐标实测值的部件；

根据上述接近色样品的已知的调合比例，求出表示上述接近色样品的颜色的上述表色系统的坐标计算值，再根据上述实测值和上述计算值，求计算误差的部件；

15 对上述目标混合物的颜色设定上述表色系统的坐标目标值的部件；以及

通过用上述计算误差修正上述目标值、用修正后的目标值进行计算机彩色匹配，预测上述目标混合物的着色剂的调合比例的部件。

如果采用本发明的另一方面，则计算机彩色匹配装置是一种为了使调合了多种着色剂的调合物呈现近似于所希望的目标色的颜色而求该多种着色剂的调合比例的装置，该计算机彩色匹配装置包括：

20 对呈上述目标色的调合物样品，求出规定的表色系统中的色评价值的实测值的部件；

对用已知的调合比例调合了上述着色剂的一次调合物，求出上述规定的表色系统中的色评价值的实测值的部件；

25 根据上述一次调合物的上述已知的调合比例，求出上述一次调合物呈现的颜色在上述规定的表色系统中的色评价值的计算值的部件；

如果对上述一次调合物进行了上述着色剂的增量修正，则求出假定的着色剂增量调合物的在上述规定的表色系统中的色评价值的计算值，求出从上述一次调合物变到上述着色剂增量调合物的上述色评价值的计算值的变化量的部件；以及

30 根据上述色评价值的计算值的变化量，算出上述着色剂各自的增量修正量，以便使上述调合物样品和上述一次调合物的上述色评价值的实

测值之差与规定范围一致的部件。

本发明还提供一种确定计算机彩色匹配中使用的着色剂的吸收系数和散射系数的方法。该方法包括：

5 确定将白色着色剂混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_w'$  和吸收系数  $K_w'$  的工序；以及

以上述散射系数  $S_w'$  和吸收系数  $K_w'$  中的至少一者为基准，分别确定不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值的工序。

如果采用优选实施例，则上述第一混合物的散射系数  $S_w'$  可由包含上述白色着色剂的调合率  $C_w$ 、常数  $a_1$  和系数  $S_B$  的如下关系式给出：

10

$$S_w' = (C_w + a_1 \cdot S_B) / (C_w + a_1)$$

如果采用另一优选实施例，则上述第一混合物的散射系数  $S_w'$  可由包含上述白色着色剂的调合率  $C_w$  和常数  $a$ 、 $b$ 、 $d$ 、 $e$ 、 $C_{w0}$  的如下关系式给出：

15

$$S_w' = a \cdot C_w + b \quad (C_{w0} < C_w)$$

$$S_w' = d \cdot C_w + e \quad (C_w < C_{w0})$$

20

本发明还提供一种利用计算机彩色匹配作成的混合釉。该混合釉如下生成：

确定将白色着色剂混合在不是无色透明的底釉中的第一混合物的散射系数  $S_w'$  和吸收系数  $K_w'$ ，

25 以上述散射系数  $S_w'$  和吸收系数  $K_w'$  中的至少一者为基准，分别确定不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值，

通过进行使用上述吸收系数  $K_w'$ 、 $K_p$  及散射系数  $S_w'$ 、 $S_p$  的计算机彩色匹配，预测调整具有所希望的颜色的混合釉用的着色剂的调合比例或用规定的调合比例生成的混合釉的颜色，

30 将上述底釉、上述白色着色剂和上述有色着色剂混合起来，以便具有上述预测的调合比例或上述预测的颜色。

本发明还提供一种利用计算机彩色匹配作成混合釉后再用该混合釉制造的陶瓷器。用混合釉将陶瓷器的毛坯的至少一部分覆盖起来。混合釉如下生成：

5 确定将白色着色剂混合在不是无色透明的底釉中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$ ；

以上述散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  中的至少一者为基准，分别确定不是白色的有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值；

通过进行使用上述吸收系数  $K_v'$ 、 $K_p$  及散射系数  $S_v'$ 、 $S_p$  的计算机彩色匹配，预测调整具有所希望的颜色的混合釉用的着色剂的调合比例或 10 用规定的调合比例生成的混合釉的颜色；

将上述底釉、上述白色着色剂和上述有色着色剂混合起来，以便具有上述预测的调合比例或上述预测的颜色。

在本发明的另一方面，确定计算机彩色匹配中使用的着色剂的吸收系数和散射系数的方法包括：

15 确定将成为基准的颜料混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  的工序；以及

以上述散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  中的至少一者为基准，分别确定有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值的工序。

如果采用本发明的另一方面，则确定计算机彩色匹配中使用的着色 20 剂的吸收系数和散射系数的装置包括：

确定将成为基准的颜料混合在不是无色透明的被着色物中的第一混合物的散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  的装置；以及

以上述散射系数  $S_v'$  和吸收系数  $K_v'$  中的至少一者为基准，分别确定有色着色剂的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  的相对值的工序。

25 另外，本发明还提供一种利用计算机彩色匹配作成混合釉后再用该混合釉制造的马桶。

#### 附图的简单说明

图 1 是表示第一实施例中的全部处理顺序的流程图。

图 2 是表示由式 5 给出的散射系数  $S_v'$  的曲线图。

30 图 3 是表示步骤 S1 的详细顺序的流程图。

图 4 是表示求（底釉+白色颜料）的物性值用的样品的调合率的说明图。

图 5 是表示样品的分光反射率  $R(\lambda)$  的示意图。

图 6 是表示步骤 S14 的详细顺序的流程图。

图 7 是表示求颜料物性值确定用样品的调合率的说明图。

图 8 是表示第一实施例中用的验证用样品的调合率的说明图。

图 9 是表示吸收系数  $K_p(\lambda)$  对调合率  $C_p$  的依赖关系的一例的曲线图。

图 10 是表示第一实施例中用的调合率的预测结果的说明图。

图 11 是表示第二实施例中的全部处理顺序的流程图。

图 12 是表示纽拉尔网络的结构的说明图。

图 13 是表示步骤 S31 的详细顺序的流程图。

图 14 是表示计算机彩色匹配时预测对象范围 PA 和多个样品 M1 ~ M7 的三色刺激值的分布的示意图。

图 15 是表示第二实施例中的 7 个样品 M1 ~ M7 的预测误差的示意图。

图 16 是表示各样品的三色刺激值的目标值（由步骤 S41 确定的值）和预测误差  $\Delta Mi$  ( $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ ) 的说明图。

图 17 是表示第二实施例中的纽拉尔网络学习的验证结果的说明图。

图 18 是表示第二实施例中的计算机彩色匹配的预测验证结果的说明图。

图 19 是表示设计的颜色（标准色）和实际制造的陶器的颜色的离散的 x - y 色度图。

图 20 是表示第三实施例中的全部处理顺序的流程图。

图 21 是表示步骤 S57 中的计算机彩色匹配的详细顺序的流程图。

图 22 是表示第三实施例中用的标准色样品的三色刺激值和浓淡限度样品的三色刺激值的表。

图 23 是表示第三实施例中浓淡限度样品的三色刺激值的预测结果、比较例和实际调合率的表。

图 24 是表示实施各实施例的计算机彩色匹配方法用的装置的框图。

图 25 是表示第四实施例的计算机彩色匹配方法中的全部处理顺序的流程图。

图 26 是表示图 25 中的步骤 S76 的详细处理的流程图。

图 27 是表示在步骤 S72 中取得的目标色样品的三色刺激值（色

值) 和在步骤 S73 中取得的第一次试制釉的三色刺激值的对比、以及目标色样品釉、第一次试制釉中的各颜料的调合率(调合率)的表。

图 28 是表示将各种颜料分别以微量一点一点地增加调合到图 27 所示的第一次试制釉中时的三色刺激值的变化率(微系数)的表。

5 图 29 是表示利用第四实施例的计算机彩色匹配方法获得的结果的表。

图 30 表示由第四实施例获得的另一结果的表。

#### 实施发明用的最佳形态

##### A. 第一实施例:

10 图 1 是表示第一实施例中的全部处理顺序的流程图。在该实施例中，作为对象的混合物是覆盖陶瓷器毛坯表面用的釉。即，未加颜料的底釉(基础釉)是被着色物，将颜料加进该底釉后的釉是成为计算机彩色匹配的对象的混合物。

15 另外，在陶瓷器中，用乳浊剂作为白色颜料是有效的。作为乳浊剂，可以使用锆石等锆化合物或磷酸钙等磷化合物。

20 在步骤 S1 中，求被着色物(底釉)和白色颜料的混合物的吸收系数  $K_v'$  和散射系数  $S_v'$ 。这里，与现有的相对法不同之点在于：不将被着色物假定为无色透明，以及不求被着色物和白色颜料单独的吸收系数和散射系数，而是求其混合物的吸收系数  $K_v'$  和散射系数  $S_v'$ 。另外，散射系数  $S_v'$  被作为与白色颜料的调合率  $C_v$  相关的函数来求取。另外，吸收系数  $K_v'$  也以与白色颜料的调合率  $C_v$  相关的形式来求取。

25 另外，在步骤 S1 中，还确定白色颜料以外的颜料(以下称“有色颜料”)的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$ (步骤 S2)。有色颜料的吸收系数  $K_p$  和散射系数  $S_p$  以与其调合率  $C_p$  相关的形式来求得。

在步骤 S3 中，根据在步骤 S1、S2 中求得的吸收系数和散射系数，用上述式 1 及式 2 进行计算机彩色匹配，进行混合物的色预测和调合比例的预测。

30 这里，在说明步骤 S1 的详细顺序之前，先考察一下表示底釉和白色颜料的混合物的散射系数  $S_v'$  用的函数  $f(C_v)$ 。对于底釉和白色颜料的混合物来说，可将式 1 改写成下式 3 的形式。

$$(C_v + C_w) K_v' = C_v K_v + C_w K_w \dots \dots (3a)$$

$$(C_W + C_B) S'_W = C_W S_W + C_B S_B \quad \dots \dots (3b)$$

式中,  $K'_W$ 、 $S'_W$ 是混合物的吸收系数和散射系数,  $K_W$ 、 $S_W$ 是白色颜料单独的吸收系数和散射系数,  $K_B$ 、 $S_B$ 是底釉单独的吸收系数和散射系数,  $C_W$ 是白色颜料的调合率,  $C_B$ 是底釉的调合率. 另外, 调合率  $C_W$ 、 $C_B$ 能够用体积率正确地表示, 但即使用重量率表示, 其误差大小通常也是可以忽略的.

如果将式 3 变形, 则可用下式 4 给出混合物的散射系数  $S'_W$ .

10

$$S'_W = \frac{C_W S_W + C_B S_B}{C_W + C_B} \quad \dots \dots (4)$$

由于在本发明中采用相对法, 所以, 与白色颜料的调合率  $C_W$ 无关地假定散射系数  $S_W=1$ . 另外, 通常使底釉的调合率  $C_B$ 一定, 而改变白色颜料的调合率  $C_W$ , 作成混合物, 所以假定  $C_B=100$  (一定). 这时, 白色颜料的调合率  $C_W$ 成为所谓外加调合率 (将底釉的重量作为 100% 时的颜料的重量百分比). 作了这些假定后, 上式 4 可改写成下式 5 的形式.

$$S'_W = \frac{C_W + 100S_B}{C_W + 100} \quad \dots \dots (5)$$

底釉虽然近似于无色透明, 但并非完全无色透明. 即, 在式 5 中, 20 底釉的散射系数  $S_B$  是非 0 的正的微小值. 因此, 底釉和白色颜料的混合物的散射系数  $S'_W$  变成图 2 (A) 所示的曲线. 该曲线是白色颜料的调合率  $C_W$  增大后渐近于  $S'_W=1$  的双曲线.

可是, 实际测量图 2 (A) 所示的散射系数  $S'_W$  并不容易. 因此, 在该实施例 1 中, 如图 2 所示, 将与白色颜料的调合率  $C_W$  对应的散射系数  $S'_W$  的曲线形状假定为近似于高浓度侧的第一直线 L1 和低浓度侧的第二直线 L2. 表示直线 L1、L2 的函数  $S'_W=f_1(C_W)$ 、 $S'_W=f_2(C_W)$  可分别用下式 6 及 7 表示.

$$S'_W = aC_W + b \quad \dots \dots (6) \quad (C_{W0} < C_W)$$

$$S_w' = dC_w + e \quad \dots \dots (7) \quad (C_w < C_{w0})$$

式中,  $C_{w0}$  是直线 L1、L2 的交点处的白色颜料的调合率。

如果能确定式 6、7 中的系数 a、b、d、e, 则能求得(底釉+白色颜料)的混合物的散射系数  $S_w'$ 。而且, 如果能求得散射系数  $S_w'$ , 就能用分光反射率  $R(\lambda)$  的测定值, 从上式 2 求出吸收系数  $K_w'$ 。

图 3 是表示图 1 中的步骤 S1 的详细顺序的流程图。在步骤 S11 中, 作成了将底釉和白色颜料混合后的混合物(第一混合物)。图 4 表示在第一实施例中准备的 13 个样品 W12~W0 的调合率。从图 4 可知, 13 个样品 W12~W0 是使白色颜料的调合率  $C_w$  在 12%~0% 的范围内每次变化 1% 作成的。另外, 将调合后的釉涂在通常的陶瓷器的毛坯上, 通过焙烧而作成了第一实施例中的样品。另外, 还按同样的条件作成了后文所述的其它样品。

在步骤 S12 中, 用分光光度计测定了各样品 W12~W0 的分光反射率  $R'$ 。在步骤 S13 中, 根据分光反射率的测定值  $R'$ , 通过如下实验, 确定了式 6 中包含的系数 a、b。

在白色颜料的调合率  $C_w$  较大的样品中, 由于遮盖力大, 所以能假定  $S_w' = 1$ 。具体地说, 假定了白色颜料的调合率为最大的样品 W12 的散射系数  $S_w'$  等于 1。如果采用该假定, 则能由下式 8 给出白色颜料的调合率为 i% 的样品 Wi 的散射系数  $S_{wi}'$ 。

$$S_{wi}' = S_{w12} \cdot \frac{\left(\frac{K}{S}\right)_{w12}}{\left(\frac{K}{S}\right)_{wi}} \quad \dots \dots (8)$$

在式 8 中,  $(K/S)_{w12}$  是白色颜料的调合率为 12% 的样品 W12 的吸收系数和散射系数的比,  $(K/S)_{wi}$  是白色颜料的调合率为 i% 的样品 Wi 的吸收系数和散射系数的比。另外, 在式 8 中, 吸收系数的变化比散射系数的变化小, 假定  $K_{w12} = K_{wi}$ 。

式 8 的右项中的  $(K/S)_{w12}$ 、 $(K/S)_{wi}$  能根据样品 Wi 的分光反射率  $R'(\lambda)$ , 按照式 2 求得。但由于作为混合物的釉的厚度小, 所以按照下式 9(桑德松(Saunderson)式), 将用分光光度计测定的分光反射率  $R'$ ,

(λ) 变换成理想状态(混合物的厚度无限大的状态)的分光反射率 R(λ).

$$R = \frac{R' - k_1}{(1 - k_1)(1 - k_2) + k_2 R' - k_1 k_2} \quad \dots \dots (9)$$

式中，系数  $k_1$ 、 $k_2$  是与被着色物(底釉)的光学性质有关的值。作为系数  $k_1$ 、 $k_2$ ，能根据被着色物的折射率  $n$ ，按照下式 10 确定。

$$k_1 = \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad \dots \dots (10a)$$

$$k_2 = 0.68n - 0.56 \quad \dots \dots (10b)$$

另外，第一实施例中使用的底釉的折射率  $n$  约为 1.4。如果这样求得理想状态的分光反射率  $R(\lambda)$ ，就能从上述式 2 获得  $(K/S)_{W_i}$ 。

根据分光反射率的测定值  $R'(\lambda)$ ，按照式 9 求理想状态的分光反射率  $R(\lambda)$  的运算与在后文所述的其它工序中根据样品的分光反射率求  $(K/S)$  时同样地进行。

通过将对各样品  $W_i$  获得的  $(K/S)_{W_i}$  的值代入上述式 8，就能求出各调合率  $C_{W_i}$  中混合物的散射系数  $S_{W_i}'$  的值，能确定系数  $a$ 、 $b$ 。含有系数  $a$ 、 $b$  的式 6 只能适用于白色颜料的调合率  $C_{W_i}$  较大的范围。因此，在确定系数  $a$ 、 $b$  时，也只能用调合率  $C_{W_i}$  较大的范围(例如 10%~12%) 的数个样品的  $(K/S)_{W_i}$ 。

图 5 是表示  $C_{W_i}=10\%-12\%$  的样品的分光反射率  $R(\lambda)$  的示意图。这样，将高浓度的白色颜料混合在底釉中后，在可见光的全部波长范围内(约 400nm~约 700nm)内，呈现出一定的反射率。因此，能根据该分光反射率  $R(\lambda)$  的值，用式 8 求得散射系数  $S_{W_i}'$ 。另外，该散射系数  $S_{W_i}'$  在可见光的全部波长范围内有相同的值。在第一实施例中，由于获得了  $a=0.0005$ 、 $b=0.94$ ，所以式 6 可改写成下式 11。

$$S_{W_i}' = 0.0005S_{W_i} + 0.94 \quad \dots \dots (11) \text{ (高浓度侧)}$$

另外，式 11 能给出在  $C_{W_i}=10\%$  附近极接近  $S_{W_i}'=1$  的值，所以，也可以

用  $S_{wi}'=1$  代替式 11.

在图 3 所示的步骤 S14 中，确定低浓度侧的式 7 的系数 d、e 的值。由于白色颜料的调合率  $C_w$  较小时，基底的影响变大，所以分光反射率  $R(\lambda)$  的测定值不只是真的釉层的信息。因此，根据分光反射率  $R(\lambda)$  的测定值不容易确定系数 d、e。因此，系数 d、e 的值按照图 6 所示的顺序确定。

在步骤 S21 中，作成颜料物性值确定用样品。图 7 是表示颜料物性值确定用样品的调合率的说明图。颜料物性值确定用样品是将底釉、白色颜料和其它有色颜料混合起来作成的。在第一实施例中，使白色颜料和有色颜料的合计调合率 (Pigment Volume Concentration, PVC) 一定，即 12%，作成了使有色颜料的调合率  $C_p$  在 1%~2% 的范围内依次改变 1% 的 12 个样品 M1~M12。另外，作为有色颜料，选择能良好地用于陶瓷器的彩色的蓝色、红色、黄色等，分别作成了各种颜色的如图 7 所示的 12 个样品 M1~M12。

另外，样品 M12 是不含白色颜料的混合物，相当于本申请发明的第二种混合物。另外，样板 M1~M11 相当于本申请发明的第三种混合物。

在步骤 S22 中，作成验证用样品。图 8 是表示第一实施例中用的验证用样品的调合率的说明图。4 个验证用样品 D1~D4 是将 4 种颜色的颜料混合在底釉中制成的。另外，底釉的调合率  $C_B$  虽被省略，但对任意的样品来说，都是  $C_B=100\%$ 。

验证用样品 D1~D4 相当于本申请发明的第四种混合物。

在步骤 S23 中，暂时给定系数 d、e 的值。比较一下图 2 (A)、(B) 可知，系数 e 的值相当于底釉的散射系数  $S_B$  的值，可知是相当小的值。例如，也可以假定  $e=0$ 。另外，图 2 (B) 所示的第一和第二直线 L1、L2 的交点位于横轴的调合率  $C_w$  为百分之几的位置，所以系数 d 也能暂时确定为大致的值。

如果暂时确定了系数 d、e，就能在调合率  $C_w$  的全部范围内确定与调合率  $C_w$  有关的散射系数  $S_{wi}'$ 。如果确定了散射系数  $S_{wi}'$ ，就能根据下式 12，获得与调合率  $C_w$  有关的吸收系数  $K_{wi}'$ 。

30

$$K_{wi}' = \left( \frac{K}{S} \right)_{wi} \times S_{wi}' \quad \dots \dots (12)$$

另外，虽然散射系数  $S_{wi}'$  的值与波长  $\lambda$  无关，但吸收系数  $K_{wi}'$  的值与波长  $\lambda$  有关。其理由是：在本发明的相对法中，将散射系数  $S_{wi}'$  作为与波长  $\lambda$  无关的基准值使用，求其它物性值的相对值。当然，分光反射率  $R(\lambda)$  的值与波长  $\lambda$  有关，所以根据式 2 获得的  $(K/S)_{wi}$  的值也与波长  $\lambda$  有关。因此，根据式 12 获得的吸收系数  $K_{wi}'$  也与波长  $\lambda$  有关。换句话说，吸收系数  $K_{wi}'$  能以与白色颜料的调合率  $C_w$  和波长有关的形式求得。

在步骤 S25 中，用颜料物性值确定用样品，求各有色颜料的吸收系数  $K_p(\lambda)$  和散射系数  $S_p(\lambda)$ 。步骤 S25 相当于图 1 中的步骤 S2。按以下顺序算出  $K_p(\lambda)$  和  $S_p(\lambda)$ 。

首先，关于颜料物性值确定用样品，可从上述式 1 获得下式 13。

$$\frac{(C_B + C_W + C_P)K_M}{(C_B + C_W + C_P)S_M} = \frac{C_B K_B + C_W K_W + C_P K_P}{C_B S_B + C_W S_W + C_P S_P} \quad (13)$$

同时，上述式 3 可改写成下式 14 的形式，所以如果将式 14 代入式 13，能获得式 15。

$$C_w' D_w' = C_B K_B + C_w K_w \quad \dots \dots (14a)$$

$$C_w' S_w' = C_B S_B + C_w S_w \quad \dots \dots (14b)$$

$$C_w' = C_B + C_w \quad \dots \dots (14c)$$

$$\frac{K_M}{S_M} = \frac{C_w' K_w + C_P K_P}{C_w' S_w' + C_P S_P} \quad \dots \dots (15)$$

将式 15 变形后，能获得下式 16。

$$S_p = \frac{C_w'}{C_P} S_w' \cdot \frac{\left(\frac{K}{S}\right)_M - \left(\frac{K}{S}\right)_{w'}}{\left(\frac{K}{S}\right)_P - \left(\frac{K}{S}\right)_M} \quad \dots \dots (16)$$

式中， $(K/S)_P$  是有色颜料单独的吸收系数和散射系数的比， $(K/S)_{w'}$

$(K/S)_w$  是颜料物性值确定用样品的吸收系数和散射系数的比， $(K/S)_p$  是（底釉+白色颜料）样品的吸收系数和散射系数的比。另外， $C_p$  是底釉和白色颜料的调合率的合计值， $S_w$  是（底釉+白色颜料）的混合物的散射系数，是由式 6 及 7 给出的值。式 16 右边的各项能如下求得。

5  $(K/S)_p$  的值能根据不含白色颜料的颜料物性值确定用样品（图 7 中的样品 M12）的分光反射率  $R(\lambda)$ ，由上式 2 求得。但严格地说，式 16 中的  $(K/S)_p$  的值是不含底釉的影响的有色颜料单独的值。另一方面，如上进行实际测量获得的  $(K/S)_p$  是（底釉+有色颜料）的样品的值，所以不含底釉的影响。可是，由于图 7 中的样品 M12 的颜料的调合率为高达 12% 的值，所以底釉对  $(K/S)_p$  所起的作用极小。因此，作为式 16 中的  $(K/S)_p$  的值，即使使用根据样品 M12 的分光反射率  $R(\lambda)$  由式 2 求得的值，其误差也能达到可以忽视的程度。

10 根据含有白色颜料和有色颜料两者的颜料物性值确定用样品（图 7 中的样品 M1~M11）的分光反射率  $R(\lambda)$ ，能用式 2 算出  $(K/S)_w$  的值。因此，能以与有色颜料的调合率  $C_p$  相关的形式求得  $(K/S)_w$ 。

15  $(K/S)_w$  的值能使用根据图 4 所示的（底釉+白色颜料）样品的分光反射率  $R(\lambda)$ 、由式 2 算出的值。

通过如上处理，能求得式 16 右边的各项的值，所以，能求出颜料物性值确定用样品 M1~M11 各自的散射系数  $S_p(\lambda)$ 。另外，能以与有色颜料的调合率  $C_p$  相关的形式求得散射系数  $S_p(\lambda)$ 。

20 根据这样获得的散射系数  $S_p(\lambda)$  和分光反射率  $R(\lambda)$  的测定值、由式 2 算出  $(K/S)_p$  后，再根据所算出的  $(K/S)_p$  的值，还能从下式 17 求得吸收系数  $K_p(\lambda)$ 。

$$25 \quad K_p = \left( \frac{K}{S} \right)_p \times S_p \quad \dots \dots (17)$$

另外，吸收系数  $K_p(\lambda)$  与散射系数  $S_p(\lambda)$  一样，能以与有色颜料的调合率  $C_p$  相关的形式求得。

图 9 是表示吸收系数  $K_p(\lambda)$  对调合率  $C_p$  的依赖关系的一例的曲线图。散射系数  $S_p(\lambda)$  也显示出与此同样的依赖性。另外，在图 9 中只示出了有代表性的波长  $\lambda$  的曲线，但实际上，在可见光的全部波长范围

(约400nm~约700nm)内，能每隔10nm求得吸收系数 $K_p(\lambda)$ 。

如上处理后，如果求得(底釉+白色颜料)的混合物的吸收系数 $K_p(\lambda)$ 及散射系数 $S_p$ ，以及其它有色颜料的吸收系数 $K_p(\lambda)$ 及散射系数 $S_p(\lambda)$ ，则在图6的步骤S26中，对验证用样品(图8)进行计算机彩色匹配的模拟。

这里，简单地说明计算机彩色匹配的色预测和调合比例的预测。将

~~式2变形后，可由下式18给出混合物的分光反射率 $R(\lambda)$ 。~~

$$R = 1 + \left(\frac{K}{S}\right)_M - \sqrt{\left(\frac{K}{S}\right)_M^2 + 2\left(\frac{K}{S}\right)_M} \quad \dots (18)$$

由于能从式1算出混合物的吸收系数和散射系数的比( $K/S$ )<sub>M</sub>，所以，从式18也能求出混合物的分光反射率 $R(\lambda)$ 。该分光反射率 $R(\lambda)$ 是理想状态的分光反射率，所以，能由将式9(桑德松式)~~变形后的~~式19求得能用分光光度计测定的分光反射率 $R'(\lambda)$ 。

$$R' = k_1 + (1 - k_1)(1 - k_2) \frac{R}{1 - k_2 R} \quad \dots (19)$$

系数 $k_1$ 、 $k_2$ 能由上述式10给出。

如果求出分光反射率 $R'(\lambda)$ ，则能用下式20求混合物的三色刺激值X、Y、Z。

$$X = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad \dots (20a)$$

$$Y = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad \dots (20b)$$

$$Z = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad \dots (20c)$$

$$k = \frac{100}{\int S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad \dots (20d)$$

式中， $S(\lambda)$ 是标准光的光谱分布， $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ (式中带横线者)是等色函数。

用计算机彩色匹配预测混合物的颜色时，如上所述，根据混合物的各成分的吸收系数和散射系数，由式1、式18~式20算出该混合物的三色刺激值X、Y、Z。三色刺激值表示混合物的颜色，能预测任意的混

合物的颜色。

另外，在预测具有所希望的颜色的混合物的调合比例的情况下，假定混合物的调合比例，按上述顺序算出该三色刺激值，~~利用牛顿-拉布  
逼近法等逼近法~~在规定的误差范围内求出与所希望的颜色一致的调合比例。

5

另外，用 L\*a\*b\*表色系统之类的其它表色系统代替 XYZ 表色系统，也能进行计算机彩色匹配。

在进行图 6 所示的步骤 S26 中的模拟时，利用计算机彩色匹配预测图 8 所示的各验证用样品 D1 ~ D4 的调合率。由于验证用样品的调合率是已知的，所以能简单地算出预测的调合率和实际调合率的一致度。例如，使用由下式 21 给出的均方差  $\Delta$  作为调合率一致度的指标。

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_{Ri} - C_i)^2}{n}} \quad \dots (21)$$

10

式中， $C_{Ri}$  是成分 i 的实际调合率， $C_i$  是预测的调合率。在步骤 S26 中，在对各验证用样品 D1 ~ D4 获得的均方差  $\Delta$  不在规定的允许值以下的情况下，返回步骤 S23，修正系数 d、e 的值。这样反复进行步骤 S23 ~ S26，直至对各验证用样品 D1 ~ D4 获得的均方差  $\Delta$  达到规定的允许值以下为止，其结果，能确定系数 d、e（步骤 S27）。在第一实施例中， $d=0.1225$ ， $e=0$ ，式 7 能被改写成下式 22。

15

$$S_w' = 0.1225 C_w \quad \dots \dots (22) \text{ (低浓度侧)}$$

另外，由式 11 给出的高浓度侧的散射系数  $S_w'$  的曲线（图 2(B) 中的直线 L1）和由式 22 给出的低浓度侧的散射系数  $S_w'$  的曲线（直线 L2）的交点处的调合率  $C_w$  为 8.0%。

20

如上所述，在上述第一实施例中，为了能以良好的精度预测验证用样品的调合率而确定了式 7 中的系数 d、e，所以即使在白色颜料的调合率  $C_w$  较低的区域，也能以良好的精度确定（底釉+白色颜料）的混合物的散射系数  $S_w'$  及吸收系数  $K_w'(\lambda)$ 。

25

另外，在按照图 6 所示的顺序求（底釉+白色颜料）的混合物的散射系数  $S_w'$  和吸收系数  $K_w'(\lambda)$  时，在步骤 S25 中，也同时求其它有色颜料的吸收系数  $K_p(\lambda)$  和散射系数  $S_p$ 。

如果这样求得各成分的吸收系数和散射系数，则在图 1 的步骤 S3 中，能用计算机彩色匹配进行色预测和调合比例的预测。图 10 是表示第一实施例中的调合率的预测结果的说明图。图 10 中的第一实施例的预测结果是利用式 11 及式 22 的结果。另外，比较例的预测结果是利用假定  $S_w' = 1.0$  (一定) (在图 2 (B) 中用虚线表示的曲线) 时的结果。

另外，在图 10 所示的第一实施例和比较例中，用 L\*a\*b\* 表色系统预测了色差最小的调合率。

如图 10 所示，由第一实施例的预测结果可知，与比较例相比，均方差相当小，能以更高的精度预测调合率。特别是在样品 P2、P3 这种白色颜料的调合率小的情况下，比较例的预测精度劣化得相当大，与此相反，第一实施例的预测精度良好。其理由可以认为是，如图 2 (A)、(B) 所示，由于随着白色颜料的调合率  $C_w$  变小，实际的散射系数  $S_w'$  的值远不是 1，所以在假定  $S_w' = 1$  (一定) 的比较例中，各成分的吸收系数和散射系数的值的误差变大。

如上所述，在该第一实施例中，考虑到不是无色透明的被着色物即底釉的光学影响，确定各成分的吸收系数和散射系数，所以，能通过计算机彩色匹配进行高精度的预测。另外，作为样品，由于可以准备将图 7、图 8 所示的混合物涂敷在通常的基底上而成的样品，所以，样品的制作也容易。

另外，有关上述第一实施例，例如还可以如下变形。

(1) 也可以直接用式 5 确定散射系数  $S_w'$ ，以代替用式 6、7 近似图 2 (B) 所示的两条直线 L1、L2 来确定散射系数  $S_w'$  的值。在此情况下，在图 6 的步骤 23 中暂时确定底釉的散射系数  $S_B$  的值，反复执行步骤 S23-S26，求得散射系数  $S_B$  的值即可。如果这样做，由于未知数只是散射系数  $S_B$  一个，所以有这样的优点，即在步骤 23 中修正散射系数  $S_B$  用的逼近法的计算收敛得快。

但是，在步骤 23 中也可以不用逼近法求系数，而是假定各种系数的值，再选择步骤 S26 中的模拟结果最佳的系数。例如，在直接用式 5 的情况下，在约 0.001~约 0.010 的范围内设定数个  $S_B$  的值，在步骤 S26 中确定能预测最接近实际调合率的调合率的  $S_B$  的值即可。

表示散射系数  $S_w'$  用的函数不限于式 5~7，一般用与调合率  $C_w$  相关的函数  $f(C_w)$  表示散射系数  $S_w'$  即可。

另外，在上述第一实施例中，用外加调合率（将被着色物的调合率  $S_B$  作为 100% 时的着色剂的调合率）定义了着色剂的调合率，但也可以用其它的规定方法定义调合率。因此，式 5 能用包含常数  $a_1$  的下式 23 表示。

$$S_W' = \frac{C_W + a_1 S_B}{C_W + a_1} \quad \dots (23)$$

### (2) 使 XYZ 表色系统或 L\*a\*b\* 表色系统的值一致的计算机彩色匹配

配法一般称为条件配色法。另一方面，还有使混合物的分光反射率  $R(\lambda)$  的曲线一致的称为无条件配色法的方法。本发明不只适用于按条件配色法、而且还能适用于按无条件配色法进行的计算机彩色匹配。

(3) 在上述第一实施例中说明了以陶瓷器的釉为对象的计算机彩色匹配，但本发明不限于此，也能适用于以其它种类的混合物为对象的计算机彩色匹配。但是，将陶瓷器的毛坯作成完全白色或完全黑色的是困难的，所以，用绝对法难以确定被着色物（底釉）单独的物性值。因此，如果将本发明应用于有关釉的计算机彩色匹配，在提高预测精度上的效果特别大。

以下说明作为使用在第一实施例中求得的散射系数和吸收系数的计算机彩色匹配的各种应用例的各种实施例。但是，以下的各实施例不限于使用在第一实施例中确定的散射系数和吸收系数的情况，应注意的是，也能使用利用其它方法确定的散射系数和吸收系数。

## B. 第二实施例

一般来说，由于用计算机彩色匹配进行预测有误差，所以有必要在缩小该预测误差上下功夫。以往为了减小预测误差而修正各着色剂的吸收系数  $K_1$  和反射系数  $S_1$ ，以便接近正确的值。

可是，为了使各成分的吸收系数  $K_1$  和反射系数  $S_1$  接近正确的值，制作了在被着色物中单独包含各着色剂的许多混合物样品，必须测定其分光反射率，需要进行大量的操作。另外，在将天然颜料作为着色剂使用时，其吸收系数  $K_1$  和反射系数  $S_1$  的值未必一定，所以难以使吸收系数  $K_1$  和反射系数  $S_1$  接近于正确的值。

以下所述的第二实施例是不修正各成分的吸收系数  $K_1$  和反射系数  $S_1$ ，而以减小预测误差为目的的实施例。

图 11 是表示第二实施例中的全部处理顺序的流程图。在该第二实施例中，作为对象的混合物是覆盖陶瓷器的毛坯表面用的釉。即，不加颜料的底釉（基础釉）是被着色物，将颜料加在该底釉中的釉是成为计算机彩色匹配的对象的混合物。

在步骤 S31 中，进行用于修正计算机彩色匹配的预测结果（三色刺激值）的纽拉尔网络的学习。在步骤 S32 ~ S35 中，用学习过的纽拉尔网络修正计算机彩色匹配的目标值，求正确的预测结果。下面，在说明步骤 S32 ~ S35 的内容之前，首先说明纽拉尔网络的结构和步骤 S31 的详细顺序。

图 12 是表示纽拉尔网络的结构的说明图。该纽拉尔网络有由输入层 10、中间层 20 和输出层 30 构成的三层层次结构。输入层 10 由 3 个神经元 N11 ~ N13 构成，中间层 20 由 5 个神经元 N21 ~ N25 构成，输出层 30 由 3 个神经元 N31 ~ N33 构成。

三色刺激值 X、Y、Z 分别被输入到输入层 10 的 3 个神经元 N11 ~ N13 中。从输入层 10 的神经元  $N_{ij}$  传递给中间层 20 的神经元  $N_k$  的信号是将各输入信号乘以权重  $W_{ij,k}$  后的信号。这里， $i$  是表示目标层次的编号， $j$  是表示目标层次内的神经元的序号的编号， $k$  是表示下一层的神经元的序号的编号。例如，从输入层 10 的第一神经元  $N_{11}$  传递给中间层 20 的第一神经元  $N_{21}$  的信号是  $W_{11,1}X$ ，从输入层 10 的第一神经元  $N_{11}$  传递给中间层 20 的第二神经元  $N_{22}$  的信号是  $W_{11,2}X$ 。

中间层 20 的各神经元  $N_{ij}$  的输入  $u_{ij}$  和输出  $Q_{ij}$  的关系由下式 24 所示的信息传递函数  $f(u_{ij})$  给出。

$$u_{ij} = \sum_{j=1}^n W_{(i-1)j,k} Q_{(i-1)j} \quad \dots (24a)$$

$$f(u_{ij}) = \frac{1}{1 + \exp(-u_{ij}-t)} \quad \dots (24b)$$

$$Q_{ij} = f(u_{ij}) \quad \dots (24c)$$

式中， $Q_{(i-1)j}$  是第  $(i-1)$  层（即输入层 10）的第  $j$  个神经元  $N_{(i-1)j}$  的输出，在图 12 的例中， $Q_{11}=X$ ,  $Q_{12}=Y$ ,  $Q_{13}=Z$ . 另外， $W_{(i-1)j,k}$  是从第  $(i-1)$  层的第  $j$  个神经元  $N_{(i-1)j}$  传递给目标神经元  $N_{ij}$  的信号中加的权重。  
30 t 是阈值，给定一定的值。另外，式 24 所示的信息传递函数  $f(u_{ij})$  被称

为 S 形函数.

例如, 如果将式 24 应用于中间层 20 的第一神经元 N21 的输入输出关系, 则可得到下式 25.

$$Q_{21} = \frac{1}{1 + \exp(-u_{21}-t)} \quad \dots (25a)$$

$$u_{21} = W_{11,1}X + W_{12,1}Y + W_{13,1}Z \quad \dots (25b)$$

输出层 30 的各神经元的输入输出关系也能由上式 24 给出. 在图 12 所示的第二实施例中, 将输出层 30 的 3 个神经元 N31~N33 的输出  $Q_{11}$ ~ $Q_{13}$  作为由计算机彩色匹配 (CCM) 进行三色刺激值的预测误差  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ .

纽拉尔网络的学习是给出许多向输入层 10 的输入 ( $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ ) 和从输出层 30 的输出 ( $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ ) 之间的关系, 确定给出正确的输入输出关系的权重  $W_{ij,k}$  的值的操作.

图 13 是表示图 11 中的步骤 S31 的详细顺序的流程图. 在步骤 S41 中, 规定覆盖作为在计算机彩色匹配中的预测对象的混合物的颜色范围的多个三色刺激值 ( $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$ ), 用计算机彩色匹配确定具有这些多个三色刺激值的多个样品的调合比例. 图 14 是表示计算机彩色匹配的色预测对象范围 PA 和覆盖该预测对象范围 PA 的多个三色刺激值的分布的示意图. 在该第二实施例中, 用 CIE-XYZ 表色系统表现颜色, 作为 XYZ 坐标系的三维范围, 给出色预测对象范围 PA. 另外, 预测对象范围 PA 表示作为预测对象的混合物取得的颜色的范围, 是能任意设定的范围.

在该第二实施例中, 为了覆盖预测对象范围 PA, 确定了图 14 中的白圈所示的 7 组三色刺激值. 在步骤 S41 中, 还通过计算机彩色匹配预测了这 7 组的有三色刺激值 ( $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$ ) 的 7 种样品 M1~M7 的调合比例.

这里, 简单地说明由计算机彩色匹配进行的色预测和调合比例的预测. 如果将在第一实施例中说明的式 2 变形, 则能用下式 26 给出混合物的分光反射率  $R(\lambda)$ .

$$R = 1 + \left( \frac{K}{S_M} \right) - \sqrt{\left( \frac{K}{S_M} \right)^2 + 2 \left( \frac{K}{S_M} \right)} \quad \dots (26)$$

根据各成分的吸收系数  $K_i(\lambda)$ 、散射系数  $S_i(\lambda)$  和调合率  $C_i$ ，用在第一实施例中说明的式 1，能算出混合物的吸收系数和散射系数的比  $(K/S)_w$ ，所以，能从上式 26 求得混合物的分光反射率  $R(\lambda)$ 。该分光反射率  $R(\lambda)$  是理想状态（被着色物的厚度无限大时）的分光反射率，所以，能由下式 27（桑德松式）求得能用分光光度计测定的分光反射率  $R'(\lambda)$ 。

$$R' = k_1 + (1 - k_1)(1 - k_2) \frac{R}{1 - k_2 R} \quad \dots (27)$$

式中，系数  $k_1$ 、 $k_2$  是与被着色物（底釉）的光学性质有关的值。作为系数  $k_1$ 、 $k_2$ ，能根据被着色物的折射率  $n$ ，由下式 28 确定。

$$k_1 = \left( \frac{n-1}{n+1} \right)^2 \quad \dots (28a)$$

$$k_2 = 0.68n - 0.56 \quad \dots (28b)$$

另外，在第二实施例中用的底釉的折射率约为  $1.4n$ 。

如果用式 27 求得分光反射率  $R'(\lambda)$ ，就能用下式 29 求出混合物的三色刺激值  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 。

$$X = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad \dots (29a)$$

$$Y = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad \dots (29b)$$

$$Z = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad \dots (29c)$$

$$k = \frac{100}{\int S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad \dots (29d)$$

式中， $S(\lambda)$  是标准光的光谱分布， $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ （式中带横线者）是等色函数。

用计算机彩色匹配预测混合物的颜色时，如上所述，根据混合物的各成分的吸收系数和散射系数，由式 1、26~29 算出该混合物的三色刺激值  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 。三色刺激值表示混合物的颜色，能预测任意的混合物的颜色。

另外，在预测具有所希望的颜色的混合物的调合比例的情况下，假定混合物的调合比例，按上述顺序算出该三色刺激值，利用牛顿-拉布逊法等逼近法，在规定的误差范围内求出与所希望的颜色一致的调合比例。

5 在图 13 所示的步骤 S42 中，作成具有在步骤 S41 中预测的调合比例  $C_i$  的多个样品。在该第二实施例中，作成了与图 14 中的 7 组三色刺激值 ( $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$ ) 对应的 7 种样品 M1 - M7。在步骤 S43 中，用分光光度计测定各样品 M<sub>i</sub> 的分光反射率，根据上述式 29 求其三色刺激值 ( $X_{im}$ 、 $Y_{im}$ 、 $Z_{im}$ )。

10 在步骤 S44 中，通过取在步骤 S43 中获得的有关各样品 M<sub>i</sub> 的实际测量值 ( $X_{im}$ 、 $Y_{im}$ 、 $Z_{im}$ ) 和在步骤 S41 中确定的目标值 ( $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$ ) 的差，求预测误差  $\Delta M_i$  ( $X_{im} - X_{it}$ 、 $Y_{im} - Y_{it}$ 、 $Z_{im} - Z_{it}$ )。图 15 是表示在第二实施例中获得的 7 个样品 M1 - M7 的预测误差的示意图。图 16 是表示各样品的三色刺激值的目标值（由步骤 S41 确定的值）和预测误差  $\Delta M_i$  ( $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ ) 的说明图。

15 另外，也可以根据在步骤 S41 中获得的调合比例  $C_i$ ，通过计算机彩色匹配求得各样品的三色刺激值的预测值 ( $X_{ic}$ 、 $Y_{ic}$ 、 $Z_{ic}$ )，将实际测量值 ( $X_{im}$ 、 $Y_{im}$ 、 $Z_{im}$ ) 和预测值 ( $X_{ic}$ 、 $Y_{ic}$ 、 $Z_{ic}$ ) 的差 ( $X_{im} - X_{ic}$ 、 $Y_{im} - Y_{ic}$ 、 $Z_{im} - Z_{ic}$ ) 定义为预测误差  $\Delta M_i$ 。在用计算机彩色匹配确定调合比例  $C_i$  时，由于这样确定调合比例  $C_i$ ，即，使三色刺激值的目标值 ( $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$ ) 和预测值 ( $X_{ic}$ 、 $Y_{ic}$ 、 $Z_{ic}$ ) 的差在规定的允许误差以下，所以目标值 ( $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$ ) 和预测值 ( $X_{ic}$ 、 $Y_{ic}$ 、 $Z_{ic}$ ) 实际上具有大致相等的值。因此，将实际测量值 ( $X_{im}$ 、 $Y_{im}$ 、 $Z_{im}$ ) 和预测值 ( $X_{ic}$ 、 $Y_{ic}$ 、 $Z_{ic}$ ) 的差 ( $X_{im} - X_{ic}$ 、 $Y_{im} - Y_{ic}$ 、 $Z_{im} - Z_{ic}$ ) 定义为预测误差  $\Delta M_i$  也好，或是将实际测量值 ( $X_{im}$ 、 $Y_{im}$ 、 $Z_{im}$ ) 和目标值 ( $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$ ) 的差 ( $X_{im} - X_{it}$ 、 $Y_{im} - Y_{it}$ 、 $Z_{im} - Z_{it}$ ) 定义为预测误差  $\Delta M_i$  也好，实际上大致相同。

20 在图 13 的步骤 S45 中，用图 16 所示的各样品的三色刺激值的目标值 ( $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 、 $Z_{it}$ ) 和预测误差  $\Delta M_i$ ，进行纽拉尔网络的学习，确定上述式 24 中的权重  $W_{ij,k}$ 。作为纽拉尔网络的学习方法，例如采用逆误差传递学习方式。

25 图 17 是表示第二实施例中的纽拉尔网络学习的验证结果的说明图。

这里，设定图 14、5 所示的预测对象范围 PA 中包含的一组三色刺激值作为计算机彩色匹配的目标值，作成了具有该目标值的第八样品 M8。然后，实际测定了该样品 M8 的三色刺激值。图 17 中的“CCM 目标值”意味着第八样品 M8 的计算机彩色匹配中使用的目标值。另外，“误差（真值）”是三色刺激值的目标值和实际测量值的差。“神经元预测误差”是将 CCM 目标值输入学习过的纽拉尔网络后获得的预测误差。从图 17 的结果可知，学习过的纽拉尔网络能以良好的精度预测三色刺激值的误差。

这样，如果纽拉尔网络的学习结束，就执行图 11 中的步骤 S32~S35，预测调合率未知的色样品的调合率。在步骤 S32 中，测定调合率未知的色样品的分光反射率，求其三色刺激值 ( $X_s$ 、 $Y_s$ 、 $Z_s$ )。在步骤 S33 中，将色样品的三色刺激值 ( $X_s$ 、 $Y_s$ 、 $Z_s$ ) 输入图 12 所示的纽拉尔网络，求预测误差  $\Delta$  ( $\Delta X_s$ 、 $\Delta Y_s$ 、 $\Delta Z_s$ )。在步骤 S34 中，用预测误差  $\Delta$  修正三色刺激值 ( $X_s$ 、 $Y_s$ 、 $Z_s$ )，求计算机彩色匹配的调合比例预测中使用的三色刺激值的目标值 ( $X_s - \Delta X_s$ 、 $Y_s - \Delta Y_s$ 、 $Z_s - \Delta Z_s$ )。在步骤 S35 中，用这样修正的目标值进行计算机彩色匹配，预测色样品的调合率。

图 18 是表示为了验证第二实施例中的计算机彩色匹配的预测精度而进行的实验结果的说明图。这里，由于以验证预测精度为目的，所以实际测定调合率已知的色样品的三色刺激值，用计算机彩色匹配预测了实现该实际测量值 ( $X_s$ 、 $Y_s$ 、 $Z_s$ ) 的调合率。从图 17 的结果可知，调合率的真值和由计算机彩色匹配获得的预测值极好地一致。

另外，如果利用图 12 所示的学习过的纽拉尔网络，也能以良好的精度预测调合率已知的混合物的三色刺激值。即，根据预测对象的混合物的调合率  $C_i$ ，用上述式 1、26~29 求三色刺激值，将该三色刺激值输入图 12 所示的纽拉尔网络，求预测误差  $\Delta$ 。然后，如果用预测误差  $\Delta$  修正由式 29 获得的三色刺激值，则能获得极其近似于实际值的三色刺激值。

与塑料等不同，在陶瓷器的情况下，由于烧成条件、熔融中的原料的化学反应等原因，有时混色理论不成立。这时，使纽拉尔网络学习混合物的三色刺激值和由 CCM 获得的预测误差的关系的本实施例的方法是有效的。

另外，关于上述第二实施例，例如还可以进行如下变形。

(1) 在上述第二实施例中，将计算机彩色匹配时的三色刺激值的目标值作为纽拉尔网络的输入。但作为纽拉尔网络的输入，既可以用各样品  $M_i$  的三色刺激值的实际测量值 ( $X_{im}$ ,  $Y_{im}$ ,  $Z_{im}$ )，另外还可以用由计算机彩色匹配获得的预测值 ( $X_{ic}$ ,  $Y_{ic}$ ,  $Z_{ic}$ )。即，可使纽拉尔网络学习多个样品的三色刺激值 (XYZ 表色系统的坐标值) 和它的预测误差的关系。

(2) 在上述第二实施例中，用纽拉尔网络修正三色刺激值，但也可以用回归分析或神经元模糊技术等其它误差修正方法进行修正。

(3) 在上述第二实施例中使用了 XYZ 表色系统，但本发明也能适用于采用 L\*a\*b\* 表色系统等其它任意的表色系统的情况。

(4) 使 XYZ 表色系统或 L\*a\*b\* 表色系统的坐标值一致的计算机彩色匹配法一般称为条件配色法。另一方面，还有使混合物的分光反射率  $R$  (入射光) 的曲线一致的称为无条件配色法的方法。本发明不仅适用于按条件配色法而且还能适用于按无条件配色法进行的计算机彩色匹配。

(5) 在上述第二实施例中说明了以陶瓷器的釉为对象的计算机彩色匹配，但本发明不限于此，也能适用于以其它种类的混合物为对象的计算机彩色匹配。

### C. 第三实施例

在卫生陶器等之类的工业陶器上，根据使用者的各种爱好而设定各种颜色。陶器的颜色由釉中混合的颜料的调合率决定，所以釉相当于计算机彩色匹配中的混合物。在设定陶器的颜色时，设计者首先通过在纸等上形成彩色，或从预先烧成的样品选择具有所希望的颜色的样品，确定颜色。然后，用分光光度计测定该颜色的分光反射率，根据分光反射率的实际测量值，用计算机彩色匹配法预测颜料或染料等着色剂的调合比例。

可是，即使采用同一调合比例的釉剂，所制造的陶器的实际颜色也不相同，通常都存在颜色的离差。图 19 是表示设计的颜色和实际制造的陶器的颜色的离散的 x-y 色度图。在图 19 中，双圈所示的颜色是设计的所希望的颜色 (标准色)  $L_0$ ，小白圈是实际制造的陶器的颜色的分布。具有与标准色  $L_0$  相差大的颜色的陶器有必要作为次品加以识别。因此，作为表示正品的颜色浓淡限度的颜色，设定了图 19 中具有用黑

圈表示的颜色的浓淡限度色 L1、L2。标准色 L0 的色度坐标值由设计者决定，所以考虑到制造误差等，对该标准色 L0 的色度坐标值，确定了两个浓淡限度色 L1、L2 的色度坐标值。

在实际制造陶器时，作成了具有标准色 L0 的陶器作为标准色样品，

5 另外，作成了具有浓淡限度色 L1、L2 的两个陶器作为浓淡限度样品。

然后，在检查工作中，将标准色样品和浓淡限度样品的颜色同所制造的陶器的颜色进行比较，只将处于浓淡限度样品的颜色的范围内的陶器作为正品。

可是，在由计算机彩色匹配进行的预测中伴有相当大的误差，所以，

10 为了根据预测的调合比例作成标准色样品和浓淡限度样品，通常要花费相当多的时间。例如，在作成标准色样品时，使用由计算机彩色匹配预测的调合比例调合的釉剂，烧成许多样品，如果其中有具有所希望的标准色的样品，就采用它作为标准色样品。可是，如果没有具有标准色的样品，就根据直觉和经验，改变调合比例，再次烧成许多样品，反复进行该操作，直至获得具有标准色的样品为止。这样的操作也可以针对具有浓淡限度色 L1、L2 的浓淡限度样品进行。

这样，在现有的计算机彩色匹配方法中，以良好的精度预测作成具有所希望的颜色的混合物用的调合比例是困难的。

20 以下所示的第三实施例是以能以良好的精度预测具有所希望的颜色的混合物的调合比例为目的的实施例。

图 20 是表示第三实施例中的全部处理顺序的流程图。另外，该第三实施例中作为对象的混合物是覆盖陶瓷器的毛坯的表面用的釉。即，未加颜料的底釉（基础釉）是被着色物，将颜料加进该底釉后的釉就成为计算机彩色匹配的对象的混合物。

25 在步骤 S51 中，首先作成标准色样品。因此，标准色样品的着色剂的混合比例是已知的。在步骤 S52 中，用分光光度计测定所作成的标准色样品的分光反射率 R'，根据该分光反射率 R'，按照下式 30 算出三色刺激值 X<sub>0</sub>、Y<sub>0</sub>、Z<sub>0</sub>。

$$30 \quad X_0 = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad \dots (30a)$$

$$Y_0 = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad \dots (30b)$$

$$Z_0 = k \int S(\lambda) R'(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad \dots (30c)$$

$$k = \frac{100}{\int S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda} \quad \dots (30d)$$

式中,  $S(\lambda)$  是标准光的光谱分布,  $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$  (式中带横线者) 是等色函数。

在步骤 S53 中, 根据在步骤 S52 中获得的标准色的三色刺激值的实际测量值  $X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$ , 并考虑制造误差, 设计者对图 19 所示的两个浓淡限度色  $L_1$ 、 $L_2$  设定三色刺激值。另外, 以下, 为了说明的方便, 说明用于预测实现第一浓淡限度色  $L_1$  的调合比例的情况。即使对第二浓淡限度色  $L_2$ , 也能通过同样的处理, 以良好的精度预测其调合比例。

在步骤 S54 中, 根据在步骤 S51 中作成的标准色样品的各着色剂的调合率  $C_i$  ( $i$  表示着色剂的编号)、散射系数  $S_i$ 、以及吸收系数  $K_i$ , 按照以下顺序算出标准色的三色刺激值的计算值  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$ 。

首先, 如果改变在第一实施例中说明的式 2 的形式, 则混合物的分光反射率  $R(\lambda)$  能由下式 31 给出。

$$R = 1 + \left( \frac{K}{S} \right)_M - \sqrt{\left( \frac{K}{S} \right)_M^2 + 2 \left( \frac{K}{S} \right)_M} \quad \dots (31)$$

根据各着色剂的吸收系数  $K_i(\lambda)$ 、散射系数  $S_i(\lambda)$  和调合率  $C_i$ , 按照在第一实施例中说明的式 1, 能算出混合物的吸收系数和散射系数的比  $(K/S)_M$ 。因此, 根据该比  $(K/S)_M$ , 按照式 31, 能求出混合物的分光反射率  $R(\lambda)$ 。该分光反射率  $R(\lambda)$  是理想状态 (被着色物的厚度无限大时) 的分光反射率, 所以能按照下式 32 (桑德松式) 求得能用分光光度计测定的分光反射率  $R'(\lambda)$ 。

$$R' = k_1 + (1 - k_1)(1 - k_2) \frac{R}{1 - k_2 R} \quad \dots (32)$$

式中, 系数  $k_1$ 、 $k_2$  是与被着色物 (底釉) 的光学性质有关的值。根据被着色物的折射率  $n$ , 按照下式 33, 能确定系数  $k_1$ 、 $k_2$ 。

$$k_1 = \left( \frac{n - 1}{n + 1} \right)^2 \quad \dots (33a)$$

$$k_2 = 0.68n - 0.56 \quad \dots (33b)$$

另外，底釉的折射率  $n$  例如约为 1.4。

如果根据式 32 求得反射率  $R'(\lambda)$ ，则能按照与上述式 30 同样的式算出混合物的三色刺激值  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$ 。

可是，各着色剂的吸收系数  $K_i$  和散射系数  $S_i$  都含有误差，另外，  
5 式 1、32~33 不是理论式，而是实验式，所以，在步骤 S54 中获得的三  
色刺激值的计算值  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$  有误差。其计算误差是与在步骤 S52 中获  
得的实际测量值  $X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$  之差。可是，由计算机彩色匹配进行的调合  
比例的预测也包括根据式 1、2、30~33 求混合物的三色刺激值的工序。  
因此，在用计算机彩色匹配预测浓淡限度样品的调合比例时，如果考虑  
10 标准色样品的三色刺激值的计算误差，就能提高其预测精度。

在图 20 的步骤 S55 中，按照下式 34，求在步骤 S52 中获得的标准  
色的三色刺激值的实际测量值  $X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$  和在步骤 S54 中获得的计算  
值  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$  的差分  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 。

$$\Delta X = X_0 - X_M \quad \dots (34a)$$

$$\Delta Y = Y_0 - Y_M \quad \dots (34b)$$

$$\Delta Z = Z_0 - Z_M \quad \dots (34c)$$

在步骤 S56 中，通过用上述差分  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$  修正正在步骤 S53 中  
设定了浓淡限度样品的三色刺激值  $X_T$ 、 $Y_T$ 、 $Z_T$ ，求计算机彩色匹配中的  
三色刺激值的目标值  $X_c$ 、 $Y_c$ 、 $Z_c$ 。即，由下式 35 给出浓淡限度样品的三  
色刺激值的目标值  $X_c$ 、 $Y_c$ 、 $Z_c$ 。

$$X_c = X_T - \Delta X \quad \dots (35a)$$

$$Y_c = Y_T - \Delta Y \quad \dots (35b)$$

$$Z_c = Z_T - \Delta Z \quad \dots (35c)$$

在步骤 S57 中，利用计算机彩色匹配方法预测浓淡限度样品的调合  
25 比例。用该计算机彩色匹配方法求能获得由式 35 给出的目标值  $X_c$ 、 $Y_c$ 、  
 $Z_c$  的调合比例。

图 21 是表示步骤 S57 中的计算机彩色匹配的详细顺序的流程图。  
图 21 的顺序是用于采用牛顿-拉布逊法的计算机彩色匹配的顺序。

在步骤 S61 中，按以下顺序计算使各着色剂（颜料）的调合率  $C_i$  发生微小变化时的三色刺激值的变化。首先，根据在图 20 的步骤 S52 中使用的标准色样品的调合率  $C_i$ ，只使一个着色剂的调合率改变  $\Delta C_i$ ，求该混合物的三色刺激值的计算值  $X'_M$ 、 $Y'_M$ 、 $Z'_M$ 。该计算是用上述的式 1、2、30~33，按照与步骤 S52 同样的顺序进行的。然后，根据下式 36 算出与在步骤 S52 中获得的标准色的三色刺激值的计算值  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$  的差分  $\Delta X_{C_i}$ 、 $\Delta Y_{C_i}$ 、 $\Delta Z_{C_i}$ 。

$$\Delta X_{C_i} = X'_M - X_M \quad \dots (36a)$$

$$\Delta Y_{C_i} = Y'_M - Y_M \quad \dots (36b)$$

$$\Delta Z_{C_i} = Z'_M - Z_M \quad \dots (36c)$$

如果使用式 36，则只使各着色剂的调合率  $C_i$  发生微小变化时的三色刺激值的变化率可由下式 37 给出。

$$\frac{\partial X}{\partial C_i} = \frac{\Delta X_{C_i}}{\Delta C_i} \quad \dots (37a)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial C_i} = \frac{\Delta Y_{C_i}}{\Delta C_i} \quad \dots (37b)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial C_i} = \frac{\Delta Z_{C_i}}{\Delta C_i} \quad \dots (37c)$$

浓淡限度色是表示标准色的制造误差的，两者的三色刺激值互相接近。因此，如果使用式 37 的变化率，则能用下式 38 表示在图 20 的步骤 S56 中获得的浓淡限度样品的三色刺激值的目标值  $X_C$ 、 $Y_C$ 、 $Z_C$  和在步骤 S54 中获得的标准色样品的三色刺激值的计算值  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$  的关系。

$$X_C - X_M = \sum_{i=1}^4 \frac{\partial X}{\partial C_i} \Delta C_i \quad \dots (38a)$$

$$Y_C - Y_M = \sum_{i=1}^4 \frac{\partial Y}{\partial C_i} \Delta C_i \quad \dots (38b)$$

$$Z_C - Z_M = \sum_{i=1}^4 \frac{\partial Z}{\partial C_i} \Delta C_i \quad \dots (38c)$$

$$\Delta C_1 + \Delta C_2 + \Delta C_3 + \Delta C_4 = \Delta PVC \quad \dots (38d)$$

另外，在式 38 中假定着色剂为 4 种。将一定的值代入各着色剂的调合率的变化量  $\Delta C_i$  的合计值  $\Delta PCV$  中。例如，将 4 种着色剂的调合率  $C_i$  和  $\sum C_i$  保持一定时， $\Delta PCV$  为 0。

由于式 38 是含有 4 个未知数  $\Delta C_i$  ( $i=1 \sim 4$ ) 的四元一次联立方程，  
5 所以，通过解该方程式，能求出各未知数  $\Delta C_i$  的值（步骤 S62）。在步  
骤 S63 中，利用在步骤 S62 中求得的值  $\Delta C_i$ ，按照下式 39 算出浓淡限  
度样品的各着色剂的调合率  $C_{iT}$ 。

$$C_{iT} = C_i + \Delta C_i \quad \dots \dots (39)$$

10 在步骤 S64 中，根据在步骤 S63 中获得的调合率  $C_{iT}$ ，按照上述式 1、  
2、30~33，求三色刺激值的计算值  $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ 。在步骤 S65 中，判断这样求得的三色刺激值  $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$  和在图 20 的步骤 S56 中求得的三色刺激值的目标值  $X_c$ 、 $Y_c$ 、 $Z_c$  的色差  $\Delta E$  是否在规定的允许误差  $\delta$  以下。另外，色差  $\Delta E$  利用 Lab 表色系统，由下式 40 给出。

$$\Delta E = \sqrt{(L_c - L_i)^2 + (a_c - a_i)^2 + (b_c - b_i)^2} \quad \dots \dots (40)$$

20 在步骤 S65 中，在色差  $\Delta E$  比允许误差  $\delta$  小的情况下，采用在步骤 S63 获得的调合率  $C_{iT}$  的值作为预测值，计算机彩色匹配结束。另一方面，在色差  $\Delta E$  比允许误差  $\delta$  大的情况下，在步骤 S66 中，将在步骤 S64 中获得的三色刺激值的计算值  $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$  代入  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$ ，反复进行步骤 S62~S65 的处理。这样通过反复执行步骤 S62~S66，能求得色差  $\Delta E$  的值比允许误差  $\delta$  小的调合率  $C_{iT}$ 。

25 图 22 是表示本发明的第三实施例中用的标准色样品的三色刺激值和浓淡限度样品的三色刺激值的表。样品 T1、T2、T3 分别是具有不同颜色的标准色样品。在图 22 中，对各标准色样品，示出了在图 20 的步  
骤 S52 中实际测量的三色刺激值  $X_0$ 、 $Y_0$ 、 $Z_0$ ，以及在步骤 S54 中计算的三色刺激值  $X_M$ 、 $Y_M$ 、 $Z_M$ ，另外，还示出了在步骤 S53 中设定的浓淡限度样品的三色刺激值的设定值  $X_T$ 、 $Y_T$ 、 $Z_T$ 。根据这些值，按照上述式 34 及 35，能算出计算机彩色匹配中的浓淡限度样品的三色刺激值的目标值  
30  $X_c$ 、 $Y_c$ 、 $Z_c$ 。

图 23 是表示第三实施例中浓淡限度样品的三色刺激值的预测结果、比较例和实际调合率的表。比较例的调合率是将浓淡限度样品的三色刺激值的设定值  $X_T$ 、 $Y_T$ 、 $Z_T$  直接作为计算机彩色匹配的目标值时获得的预测值。另外，第三实施例的调合率是使用已经用标准色样品的计算误差修正过的目标值  $X_c$ 、 $Y_c$ 、 $Z_c$  获得的预测值。另外，在第三实施例中，为了验证预测精度，用图 23 中右侧所示的调合率实际制作了浓淡限度样品，将其三色刺激值的实际测量值作为图 22 所示的设定值  $X_T$ 、 $Y_T$ 、 $Z_T$  使用。

从图 23 可知，与比较例相比，第三实施例能以更高的精度预测调合率。另外可知，在 3 个样品 T1 - T3 中，虽然 4 种颜料的成分相差很大，但在所有的情况下，第三实施例的预测精度都比比较例的高。

如上所述，在上述第三实施例中，求出具有与浓淡限度样品相近的三色刺激值的标准色样品的三色刺激值的计算误差，用它来修正浓淡限度样品的三色刺激值的目标值。其结果，能提高预测浓淡限度样品的调合率时的预测精度。

上述第三实施例也可以例如做如下变形。

(1) 在上述第三实施例中，使用标准色样品作为具有与浓淡限度样品相近的三色刺激值的样品（接近色样品），用与标准色样品有关的三色刺激值的计算误差，修正了浓淡限度样品的三色刺激值的目标值。可是，也可以选择标准色样品之外的接近色样品，使用与该接近色样品有关的计算误差。例如，可以使用收集了有各种颜色的样品的数据库，将具有与浓淡限度样品相近的颜色的样品作为接近色样品进行选择。该数据库最好至少包括各着色剂的调合率  $C_i$  和三色刺激值的实际测量值（或反射率  $R(\lambda)$ ）。另外，在用数据库检索接近色样品时，最好将由上述式 40 给出的色差  $\Delta E$  最接近作为目标的混合物（浓淡限度样品）的样品作为接近色样品。

另外，如果使用这样的数据库，不限于用计算机彩色匹配方法预测浓淡限度样品的调合率的情况，在预测具有任意的三色刺激值的目标混合物的调合率的情况下，都具有能提高其预测精度的优点。

(2) 在上述第三实施例中，使用了 XYZ 表色系统，但作为表色系统，也可以使用 XYZ 表色系统之外的任意的表色系统。例如，可以使 L\*a\*b\* 表色系统等。

#### D. 第四实施例

为了使成为颜料或染料等着色剂的着色对象的物体（被着色物）具有所希望的颜色，有必要对着色剂进行各种调合，并规定调合比例，以便呈现该所希望的颜色。在这种情况下，技术工作者错误地尝试求取能呈现所希望的颜色的着色剂的混合比例，但近年来提出了以各种不同浓度的着色剂的光学数据为基础，预测着色剂的混合比例的所谓计算机彩色匹配（以下适当地将其简称为 CCM）（特开平 4-181129，特公平 6-98880）。

可是，在这些公报所提出的 CCM 中，由于采用牛顿-拉布逊法等逼近法，所以其预测的调合比例有时为负的。因此，要将成为负的预测调合比例变成零或正的上下功夫。

在上述现有的 CCM 中，将其被着色物作为纤维，一旦着色（染色）后的纤维的颜色不是所希望的颜色时，便对该染了色的纤维追加染色，使其颜色为所希望的颜色。可是，在陶器或瓷砖的情况下，其颜色由混合在釉中的颜料的调合率（调合比例）决定，混合了颜料的釉（以下称釉剂）经过烧成后才呈该颜色。因此，上述现有的 CCM 不能适用于陶器或瓷砖这类不能追加染色（着色）的被着色物。

另外，不管是可以追加着色的纤维还是不能追加着色的陶器、瓷砖，着色剂（纤维时为染料，陶器或瓷砖时为釉剂）都要与纤维、陶器等的工业生产一致地反复进行大量地调合。这时虽然能维持着色剂的调合比例，但如果调合工序变化，例如温度或调合时间等发生偏差，则往往不能再现用此前调合的着色剂获得的颜色或颜色样品的颜色。特别是在陶器或瓷砖的情况下，在使用天然颜料的情况方面，颜色再现的可靠性欠佳。

在这种情况下，虽然能利用上述的 CCM，对可以追加着色的纤维进行追加染色而进行色修正，但必须将为了追加染色而调合的着色剂和已经调合好的着色剂合并使用，很繁琐。为了避免这种繁琐性，虽然可以重新调合能获得色样品的颜色的着色剂，只用该着色剂进行染色，但已经调合好的着色剂由于不使用而被废弃，或必须在已经调合好的着色剂中追加新的着色剂，进行再调合。另外，在陶器或瓷砖不可能追加着色的情况下，采取将已经调合好的着色剂废弃或再调合的方法。可是，将已经调合好的着色剂废弃实属浪费，而另一方面，着色剂的再调合需要

根据技术工作者多年的直觉和经验，一边慢慢地增加着色剂一边进行调合，很繁琐。

以下说明的第四实施例是以既谋求已经调合好的着色剂的有效利用、又简化再调合为目的的实施例。

图 24 是表示用于实施实施例的计算机彩色匹配方法用的装置的框图。该装置可作为实现上述第一~第三实施例的装置使用。~~运算装置 40~~  
~~是通用的计算机~~，通过图中未示出的 CPU 执行软件程序，实现本发明的计算机彩色匹配的各工序及各种方法。

图 25 是表示该第四实施例的全部处理顺序的流程图。另外，在该第四实施例中，作为对象的调合物是覆盖陶瓷器毛坯表面用的釉。即，未加颜料的底釉（基础釉）是被着色物，将颜料加进该底釉后的釉是成为计算机彩色匹配的对象的混合物。另外，其表色系统为 XYZ 表色系统，但当然也可以采用除此以外的表色系统，例如 L\*a\*b\* 表色系统。

如图 24 所示，在第四实施例中，具有：~~进行有关 CCM 的后文所述的各种运算的运算装置 40~~，~~进行数据输入的键盘、鼠标等输入部件 42~~，~~显示运算状态或后文所述的表示是否适合的判断结果的显示器 44~~，~~存储该是否适合的判断结果和各种运算式等的存储装置 46~~，以及取得作为 CCM 中必要的数据的分光反射率用的分光光度计 48。而且，在该运算装置 40 中进行以下的调合处理。

首先，在步骤 S71 中，准备呈目标色的釉（样品釉）。由于这时的目标色是由调合好的釉呈现的颜色，所以，该釉（样品釉）中的颜料调合比例是已知的。在接着的步骤 S72 中，用分光光度计 48 测定该目标色样品釉的颜色，求 XYZ 表色系统中的作为色评价值的三色刺激值（实际测量值） $X_T$ 、 $Y_T$ 、 $Z_T$ 。根据用分光光度计 48 测得的目标色样品釉的分光反射率  $R'(\lambda)$ ，按照下式 42 能算出该三色刺激值。另外，所算出的三色刺激值在显示器 44 上与目标样品色一起显示，并存入存储装置 46 中，以供进行后文所述的处理时使用。另外，以下所述的三色刺激值等的运算结果每次都被存入存储装置 46 中。

$$X_T = K \int S(\lambda) \bar{x}(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \quad \dots (42a)$$

$$Y_T = K \int S(\lambda) \bar{y}(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \quad \dots (42b)$$

$$Z_T = K \int S(\lambda) \bar{z}(\lambda) R'(\lambda) d\lambda \quad \dots (42c)$$

$$K = 100 / \int S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad \dots (42d)$$

式中， $S(\lambda)$  是标准光的光谱分布， $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$ （式中带横线者，以下同）是等色函数，都是已知值。另外，写入式中的 $(\lambda)$  表示分光反射率、光谱分布、等色函数都与波长 $\lambda$ 有关。

在步骤 S73 中，按照呈现与上述样品釉所呈现的标准色近似的颜色而设想的调合比例添加各种颜料，调合第一次的试制釉，与步骤 S72 一样，测定该试制釉的颜色。由此求得该第一次试制釉的三色刺激值的计算值（实际测量值） $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ 。在该第一次试制中，按上述的调合比例进行的颜料的调合是由技术工作者进行的，其值是任意性的已知值，不需要象以往那样错误地试着进行反复调合，规定调合比例时，不需要特别的经验和直觉。这时的第一次试制釉的三色刺激值及颜料的调合量（调合比例）也由显示器 44 进行显示，同时被存入存储装置 46。另外，这时的颜料调合量从输入部件 42 进行输入。

在接着的步骤 S74 中，判断在步骤 S71 中作成的目标色样品釉所呈现的颜色和步骤 S73 中的第一次试制釉所呈现的颜色的色差 $\Delta E^*$ （ $\Delta E^* = \sqrt{(X_T - X_i)^2 + (Y_T - Y_i)^2 + (Z_T - Z_i)^2}$ ）是否在规定的范围内，即判断色差 $\Delta E^*$ 是否合适。这时的色差 $\Delta E^*$ 的允许值预先从输入部件 42 设定为表面上不能判断目标色样品所呈现的颜色和第一次试制釉所呈现的颜色的差别程度的值，例如 0.3~0.5 左右的值。另外，当然也可以将色差 $\Delta E^*$ 的允许值设定为 0.3~0.5 以外的值。

在该步骤 S74 中，若如果断定色差 $\Delta E^*$ 在 0.3~0.5 以内就断定为合格，则由于能用步骤 S73 中的第一次试制釉再现目标色样品的颜色，所以不需要进行除此以外的调合处理，将总的处理结束。就是说，用第一次试制时的调合比例调合的新釉呈现与目标色样品釉大致相同的颜色。

另一方面，在步骤 S74 中，在断定色差 $\Delta E^*$ 不在 0.3~0.5 以内，断定为不合格的情况下，接着在步骤 S75 中，根据在步骤 S72 中求得的目标色样品的三色刺激值 $X_T$ 、 $Y_T$ 、 $Z_T$  和在步骤 S73 中求得的第一次试制釉的三色刺激值 $X_i$ 、 $Y_i$ 、 $Z_i$ ，按照下式 43 算出三色刺激值的差 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ 。该三色刺激值的差 $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$  成为反映目标色样品所呈现的颜

色和第一次试制釉所呈现的颜色的色差 $\Delta E^*$ 的值。

$$\Delta X = X_T - X_1 \quad \dots (43a)$$

$$\Delta Y = Y_T - Y_1 \quad \dots (43b)$$

$$\Delta Z = Z_T - Z_1 \quad \dots (43c)$$

5

在步骤 S76 中，用 CCM 的方法，按照以下的顺序，求出将该颜料以微量追加调合到在步骤 S73 中进行的调合第一次试制釉时的各颜料中（调合比例已知）时的三色刺激值的变化率（微系数）。另外，追加调合各颜料时增加的微量调合量也是从输入部件 42 输入的。

10 首先，在该步骤 S76 的最初步骤 S91 中，如图 26 的流程所示，根据第一次试制时的各颜料的已知调合比例，用 CCM 方法计算第一次试制釉所呈现的颜色的三色刺激值。这时的三色刺激值（计算值） $X_{1/E}$ 、 $Y_{1/E}$ 、 $Z_{1/E}$  可用下式 44 表示。

$$15 \quad X_{1/E} = K \int S(\lambda) \bar{x}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad \dots (44a)$$

$$Y_{1/E} = K \int S(\lambda) \bar{y}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad \dots (44b)$$

$$Z_{1/E} = K \int S(\lambda) \bar{z}(\lambda) R(\lambda) d\lambda \quad \dots (44c)$$

$$K = 100 / \int S(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad \dots (44d)$$

20 在该式 44 中，也与上述式 42 一样， $S(\lambda)$  是标准光的光谱分布（已知）， $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 、 $z(\lambda)$  是等色函数（已知）。可是，式 44 中的分光反射率 $R(\lambda)$  是在根据颜料的特性算出三色刺激值 $X_{1/E}$ 、 $Y_{1/E}$ 、 $Z_{1/E}$ 的情况下，同样利用颜料的特性如下算出的。然后，用该算出的分光反射率 $R(\lambda)$ ，由上述式 44 算出三色刺激值 $X_{1/E}$ 、 $Y_{1/E}$ 、 $Z_{1/E}$ 。

25 被着色物和着色剂的吸收系数 $K_i(\lambda)$  和散射系数 $S_i(\lambda)$  具有用下式 45 表示的旦干（Duncan）公式、以及用式 46 表示的以库贝尔卡漫柯（Kubelka-Munk）的混合色理论为依据的公式的关系，根据这些公式，能由 CCM 求出任意的调合物的分光反射率 $R(\lambda)$ 。

$$K_M = \sum_{i=1}^n C_i K_i \quad \dots (45a)$$

$$S_M = \sum_{i=1}^n C_i S_i \quad \dots (45b)$$

式中,  $K_M$ 、 $S_M$  分别是调合物(釉)的吸收系数和散射系数,  $K_i$ 、 $S_i$  分别是第  $i$  个成分(颜料)的吸收系数和散射系数,  $C_i$  是第  $i$  个成分(颜料)的调合率.

$$\frac{(K)}{(S)_M} = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad \dots (46)$$

如果将该式 46 变形, 则分光反射率  $R(\lambda)$  可由下式 47 给出.

10

$$R(\lambda) = 1 + \frac{K}{S} \cdot \sqrt{\left(\frac{K}{S}\right)^2 + 2 \left(\frac{K}{S}\right)} \quad \dots (47a)$$

$$\frac{K}{S} = \frac{C_1 K_1 + C_2 K_2 + C_3 K_3 + C_w K_w}{C_1 S_1 + C_2 S_2 + C_3 S_3 + C_w S_w} \quad \dots (47b)$$

15

式中, 调合物的吸收系数和散射系数的比 ( $K/S$ ) 如该式 47 所示, 由各颜料的吸收系数  $K_i(\lambda)$ 、散射系数  $S_i(\lambda)$  和调合率  $C_i$  规定. 因此, 能够根据该比 ( $K/S$ ) 算出、求得分光反射率  $R(\lambda)$ . 另外,  $K_w$ 、 $S_w$  分别是白色成分(白色颜料)的吸收系数和散射系数,  $C_w$  是白色成分的调合比例.

20

接着在步骤 S92 中, 对各颜料(颜料 1、2、3), 根据第一次试制时的各颜料的已知的调合比例及增加的颜料的已知的调合比例, 用 CCM 方法计算使第一次试制釉的调合比例个别地分别增加微量的调合量后的釉呈现的颜色的三色刺激值(计算值)  $X_{1/E}$ 、 $Y_{1/E}$ 、 $Z_{1/E}$ . 更详细地说明如下, 首先, 只将颜料 1 以微量的调合量 ( $0.1*C_1$ ) 加到第一次试制釉中, 使其它颜料 2、3 及白色颜料的调合率与第一次试制釉相同, 计算该釉所呈现的颜色的三色刺激值. 在此情况下, 也用上述式 44~式 47, 式 47 中的  $C_i$  变为  $(C_i + 0.1*C_1)$ ,  $C_2$ 、 $C_3$ 、 $C_w$  保持原值. 而且, 这样计算的三色刺激值  $X_{1/1/E}$ 、 $Y_{1/1/E}$ 、 $Z_{1/1/E}$  是颜料 1 增加微量调合后引起的三色刺激值.

同样, 只将颜料 2 增加微量的调合量 ( $0.1*C_2$ ), 使其它颜料为同

一调合率，计算该釉所呈现的颜色的三色刺激值  $X_{1/2/E}$ 、 $Y_{1/2/E}$ 、 $Z_{1/2/E}$ ，以及只将颜料 3 增加微量的调合量 ( $0.1 \times C_3$ )，使其它颜料为同一调合率，计算该釉所呈现的颜色的三色刺激值  $X_{1/3/E}$ 、 $Y_{1/3/E}$ 、 $Z_{1/3/E}$ 。另外，同样计算白色颜料的三色刺激值  $X_{1/W/E}$ 、 $Y_{1/W/E}$ 、 $Z_{1/W/E}$ 。然后，根据使各颜料（颜料 1、2、3 及白色颜料）分别增加微量并调合后引起的三色刺激值的变化量和各颜料的微小增量，按照下式 48 算出三色刺激值的变化率（系数）。此后进入图 25 的步骤 S77。

#### 颜料 1 增加微量调合：

$$\frac{\partial X}{\partial C_1} = (X_{1/1/E} - X_{1/E}) / 0.1 \times C_1 \quad \dots (48-a1)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial C_1} = (Y_{1/1/E} - Y_{1/E}) / 0.1 \times C_1 \quad \dots (48-a2)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial C_1} = (Z_{1/1/E} - Z_{1/E}) / 0.1 \times C_1 \quad \dots (48-a3)$$

#### 颜料 2 增加微量调合：

$$\frac{\partial X}{\partial C_2} = (X_{1/2/E} - X_{1/E}) / 0.1 \times C_2 \quad \dots (48-b1)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial C_2} = (Y_{1/2/E} - Y_{1/E}) / 0.1 \times C_2 \quad \dots (48-b2)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial C_2} = (Z_{1/2/E} - Z_{1/E}) / 0.1 \times C_2 \quad \dots (48-b3)$$

#### 颜料 3 增加微量调合：

$$\frac{\partial X}{\partial C_3} = (X_{1/3/E} - X_{1/E}) / 0.1 \times C_3 \quad \dots (48-c1)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial C_3} = (Y_{1/3/E} - Y_{1/E}) / 0.1 \times C_3 \quad \dots (48-c2)$$

$$\frac{\partial Z}{\partial C_3} = (Z_{1/3/E} - Z_{1/E}) / 0.1 \times C_3 \quad \dots (48-c3)$$

在步骤 S77 中，用下式 49 和式 50 算出经过目标色样品釉和第一次试制釉的颜色测定后、为了修正在步骤 S75 中求得的三色刺激值的差  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ （实际测量值的差）所必要的各颜料追加的增量调合量（颜料 1 为  $\Delta C_1$ ，颜料 2 为  $\Delta C_2$ ，颜料 3 为  $\Delta C_3$ ，白色颜料为  $\Delta C_W$ ）。

$$\Delta X = \frac{\partial X}{\partial C_1} \Delta C_1 + \frac{\partial X}{\partial C_2} \Delta C_2 + \frac{\partial X}{\partial C_3} \Delta C_3 + \frac{\partial X}{\partial C_w} \Delta C_w \quad \dots (49a)$$

$$\Delta Y = \frac{\partial Y}{\partial C_1} \Delta C_1 + \frac{\partial Y}{\partial C_2} \Delta C_2 + \frac{\partial Y}{\partial C_3} \Delta C_3 + \frac{\partial Y}{\partial C_w} \Delta C_w \quad \dots (49b)$$

$$\Delta Z = \frac{\partial Z}{\partial C_1} \Delta C_1 + \frac{\partial Z}{\partial C_2} \Delta C_2 + \frac{\partial Z}{\partial C_3} \Delta C_3 + \frac{\partial Z}{\partial C_w} \Delta C_w \quad \dots (49c)$$

$$F = A_1 \Delta C_1 + A_2 \Delta C_2 + A_3 \Delta C_3 + A_w \Delta C_w \quad \dots (50)$$

式 49 是用于修正三色刺激值的差  $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ （实际测量值的差）

10 的公式，它将各颜料追加的增量调合量 ( $\Delta C_1$ ,  $\Delta C_2$ ,  $\Delta C_3$ ,  $\Delta C_w$ ) 作为变量。另外，式 50 是改变各颜料时的费用函数，同样将各颜料追加的增量调合量 ( $\Delta C_1$ ,  $\Delta C_2$ ,  $\Delta C_3$ ,  $\Delta C_w$ ) 作为变量。因此，对上述 4 个变量求解式 49、50，确定这些变量，即各颜料追加的增量调合量 ( $\Delta C_1$ ,  $\Delta C_2$ ,  $\Delta C_3$ ,  $\Delta C_w$ )。另外，式 50 中的  $A_i$  是使颜料  $i$  变化单位量所需要的费用。

15 这时，在步骤 S77 中， $\Delta C_i$  满足  $\Delta C_i \geq 0$ ， $\Delta C_w$  满足  $\Delta C_w \geq 0$ ，而且用线性规划法解出用式 50 表示的费用函数  $F$  为最小的  $\Delta C_i$  及  $\Delta C_w$ 。因此， $\Delta C_i$  及  $\Delta C_w$  不会作为负值算出。

20 接着在步骤 S78 中，附加所求得的增量调合量，算出各颜料（包括白色颜料）的调合比例，求出并更新追加增量调合后的釉的物性值。更具体地说，用各调合比例和各颜料的吸收系数及散射系数等，按照上述式 45~式 47，求分光反射率  $R(\lambda)$ 。而且，在此后的步骤 S79 中，将求得的分光反射率  $R(\lambda)$  代入式 44，计算追加各颜料的增量并调合后的釉所呈现的颜色的三色刺激值  $X_{END/E}$ 、 $Y_{END/E}$ 、 $Z_{END/E}$ 。

25 在步骤 S80 中，用该追加增量并调合后的三色刺激值  $X_{END/E}$ 、 $Y_{END/E}$ 、 $Z_{END/E}$  和目标色样品釉的三色刺激值  $X_T$ 、 $Y_T$ 、 $Z_T$  (JIS Z 8730)，再次判断其色差  $\Delta E^*$  是否在规定的范围内。在该步骤 S80 中，若如果断定色差  $\Delta E^*$  在 0.3~0.5 以内就断定为合格，则如果是用在到此为止的步骤中求得的修正量调合的釉，就能再现目标色样品的颜色。因此，在此情况下，便完成了调合处理，将处理结束。就是说，增加所求得的各颜料的修正量（追加增量调合量）后的调合比例采用将调合好的釉作为再调合时的最后的调合比例。更具体地说明如下，由于调合工序的变化等引

起了颜色的变化的调合过的釉由于其调合比例是已知的，故与第四实施例中的第一次试制釉相当，所以如果用按照上述的修正量的调合比例，将各颜料增加到该引起了颜色的变化而调合过的釉中再调合的话，则能再调合成呈目标色的釉。

5 另一方面，在步骤 S80 中，在断定了色差  $\Delta E^*$  不在 0.3~0.5 以内、断定为不合格的情况下，改变微系数计算及修正量计算用的三色刺激值到现在为止的值，同时变更各颜料的微小增加量。具体地说，将式 43 中的三色刺激值  $X_1$ 、 $Y_1$ 、 $Z_1$  变为在步骤 S79 中求得的三色刺激值  $X_{END/E}$ 、 $Y_{END/E}$ 、 $Z_{END/E}$ 。因此，根据该改变后的三色刺激值 ( $X_{END/E}$ 、 $Y_{END/E}$ 、 $Z_{END/E}$ )，  
10 在步骤 S75 中重新算出与目标色样品的三色刺激值的差 ( $\Delta X$ 、 $\Delta Y$ 、 $\Delta Z$ )。

另外，关于各颜料（颜料 1、2、3），将在步骤 S76 中考虑的微小增加量变更为将到此为止的调合量（此时，颜料 1 为  $C_1+0.1*C_i$ ）乘以 0.1 后的微小增加量 ( $(C_1+0.1*C_i) * 0.1$ )。因此，各颜料比在步骤 S80 中为不合格时分别增加了 0.1 的微小量，因此在步骤 S76 中，根据增加了该微小增量后的调合比例，按照上述式 44~式 47，求出各颜料增加了微量后的三色刺激值。然后，利用使各颜料增加微量后的该新的三色刺激值，代替式 48 中的三色刺激值  $X_{1/1/E}$ 、 $Y_{1/1/E}$ 、 $Z_{1/1/E}$  等，改变后算出微系数。此后，象已说明的那样，求各颜料的追加增量调合量（修正量），  
15 反复进行上述处理，直至在步骤 S80 中断定为合格为止。  
20

如上所述，采用第四实施例的计算机彩色匹配方法，对至此存在的釉（目标色样品釉），按照使其呈现在某种程度上近似于它所呈现的颜色的调合比例，调合第一次试制釉，此后，求出按照在规定的范围内与目标色样品釉所呈现的颜色一致的调合比例将各颜料追加到该第一次试制釉中时的追加增量调合量。因此，不会是用 CCM 求出意味着将颜料除去的负的调合量。因此，如果采用第四实施例的计算机彩色匹配方法，  
25 则由于不需要废弃调合过颜料的釉（着色剂），所以能有效地利用已有的釉。另外，在利用已有的釉时，相关的工序是技术工作者在步骤 S73 中只进行一次试制釉的调合，这时，由于不要求技术工作者有多年直觉和经验，所以能简化釉的再调合。  
30

另外，采用第四实施例的计算机彩色匹配方法，在计算再调合釉用的各颜料的修正量时，采用利用了由式 50 表示的费用函数 F 的线性规

划法的方法，求各颜料的修正量 ( $\Delta C_1$  及  $\Delta C_2$ )，使得修正各颜料所需要的费用为最小。因此，如果采用第四实施例的计算机彩色匹配方法，则除了上述的已有的釉的有效利用和简化再调合以外，还能谋求降低成本。

其次，用图 27 说明执行上述的第四实施例的计算机彩色匹配方法时通过各步骤中的处理获得的三色刺激值和微系数。

图 27 表示在步骤 S72 中取得的目标色样品釉的三色刺激值（色值）和在步骤 S73 中取得的第一次试制釉的三色刺激值的对比、以及目标色样品釉、第一次试制釉中的各颜料的调合率（调合率）。而且，图中的  $\Delta E^*$  是目标色样品釉和第一次试制釉之间的色差，在步骤 S74 中根据该值判断是否合格。

图 28 表示将各种颜料分别以微量一点一点地追加调合到图 27 所示的第一次试制釉中时的三色刺激值的变化率（微系数），由上述式 48 计算。这时，为了计算颜料 1（红颜料）的微小增量时的微系数，使用已求得的三色刺激值  $X_{1/1/E}$ 、 $Y_{1/1/E}$ 、 $Z_{1/1/E}$ ，在颜料 2（黄颜料）的情况下，使用三色刺激值  $X_{1/2/E}$ 、 $Y_{1/2/E}$ 、 $Z_{1/2/E}$ ，在颜料 3（蓝颜料）的情况下，使用三色刺激值  $X_{1/3/E}$ 、 $Y_{1/3/E}$ 、 $Z_{1/3/E}$ ，在白颜料的情况下，使用三色刺激值  $X_{1/W/E}$ 、 $Y_{1/W/E}$ 、 $Z_{1/W/E}$ 。

图 29 表示用第四实施例的计算机彩色匹配方法获得的结果，给出了用对各颜料规定的最后的调合比例调合的釉和目标色样品釉的调合率和三色刺激值的对比。另外，这两端釉的色差  $\Delta E^*$  为 0.47，在步骤 S80 中被断定为合格。

上述第四实施例也可如下变形。

例如，可以用以下的式 51 表示的费用函数 F，代替式 50 的费用函数 F。

$$F = \Delta C_1 + \Delta C_2 + \Delta C_3 + \Delta C_W \quad \dots \dots (51)$$

另外，在步骤 S76 中计算分别使颜料以微量一点一点地追加用的微系数时，预先规定各颜料的追加增量调合量的最小值作为最低追加增量调合量  $\Delta C_{step}$ ，追加各颜料时可以每次追加该  $\Delta C_{step}$  的整数倍。而且，将以这样的增量追加各颜料、使得与目标色样品釉的色差  $\Delta E^*$  为最小时

的追加增量作为计算微系数时的修正量，将增加了该修正量的调合比例作为对调合过的釉再调合时的最后的调合比例。另外，这时的最低追加增量调合量  $\Delta C_{step}$  可被规定为追加了各颜料时其所呈现的颜色稍有改变的最小单位的追加增量。另外，这时还可以预先规定各颜料的追加增量的最大允许量  $\Delta C_{max}$ ，用该  $\Delta C_{max}$  规定各颜料的追加增量的总量。而且，可以这样规定该最大允许量  $\Delta C_{max}$ ，即追加了该颜料后，其呈现的颜色变化很大，认为用其它颜料的追加量不能返回原来的颜色。

另外，不限于采用了上述的费用函数 F 的线性规划法，也可以采用其它的方法。例如，如上述的第四实施例所示，在用色差  $\Delta E^*$  判断是否合格时，允许该是否合格的判断有某一程度的幅度。因此，也可以采用将某种程度的模糊度导入该是否合格的判断中的所谓模糊线性规划法的方法。采用了该模糊线性规划法的方法的计算机彩色匹配方法的结果示于图 30 中。如该图 30 所示，用对各颜料规定的最后的调合比例调合的釉和目标色样品釉的色差  $\Delta E^*$  为 0.20，可知两者的颜色相当一致。

另外，在上述的第四实施例中，虽然以带色的釉为例说明了陶器和瓷砖，但当然也能适用于染纤维的染色剂。

#### 工业上利用的可能性

本发明的计算机彩色匹配方法及装置除了能适用于在使陶器或瓷砖带色用的釉中混合的着色剂的调合比例的预测及其混合物（即釉）的颜色的预测外，还能适用于染纤维用的染色剂等各种混合物中的着色剂的调合比例的预测及其混合物的颜色的预测等。

## 说 明 书 附 图

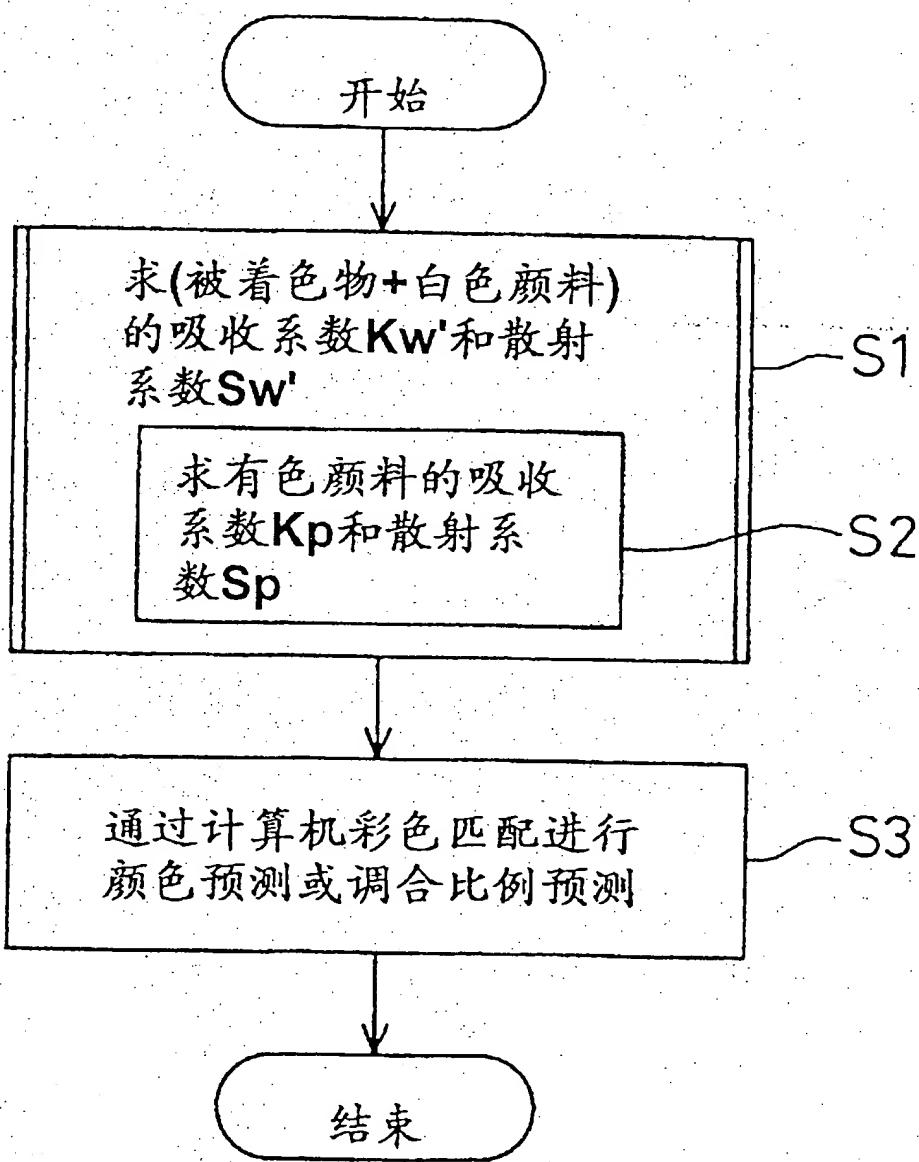
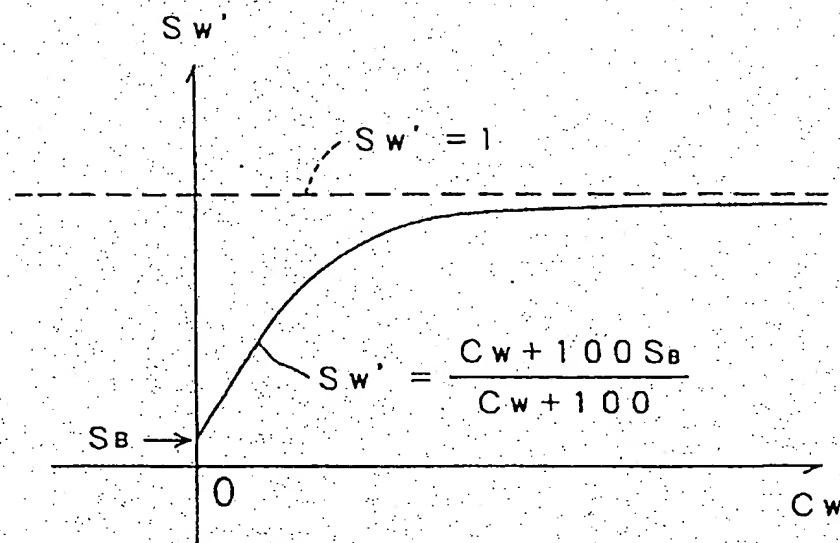


图1

(A)



(B)

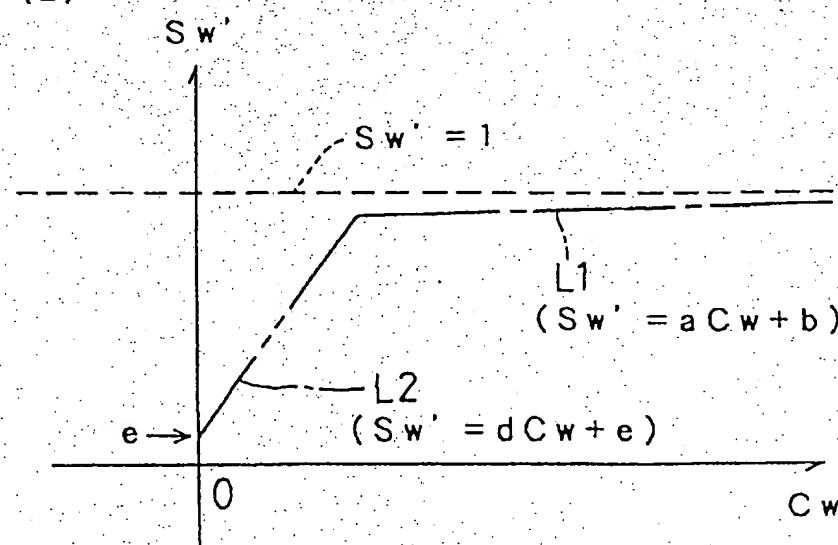


图 2

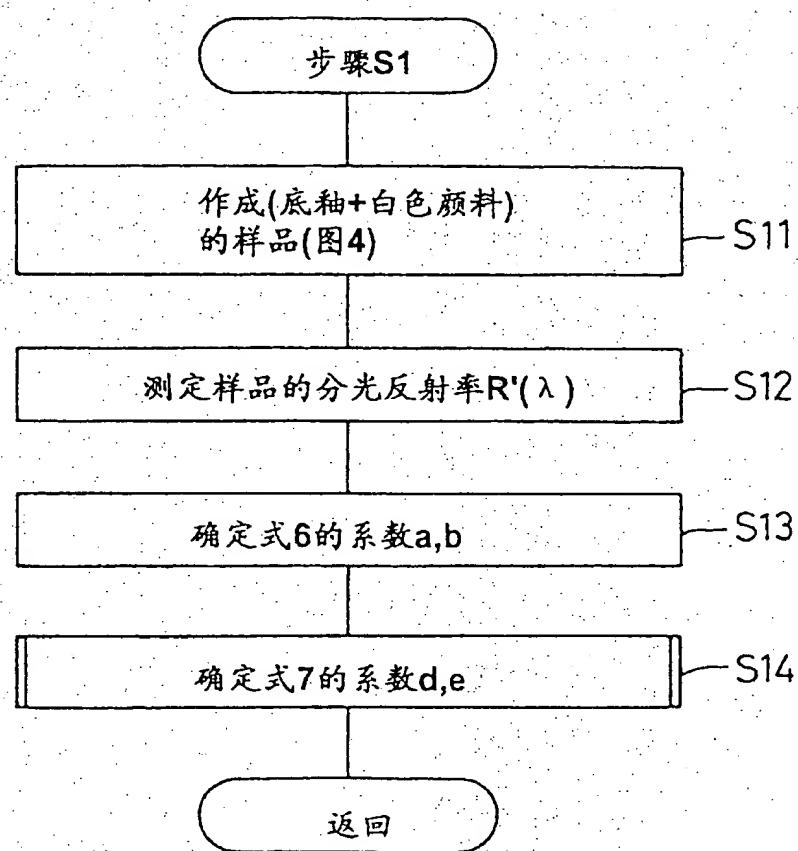


图 3

(底釉+白色颜料)的样品的配合率

样品	W12	W11	W10	W9	W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	W0
白色颜料	12.0	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0
底釉	100.0												100.0

图 4

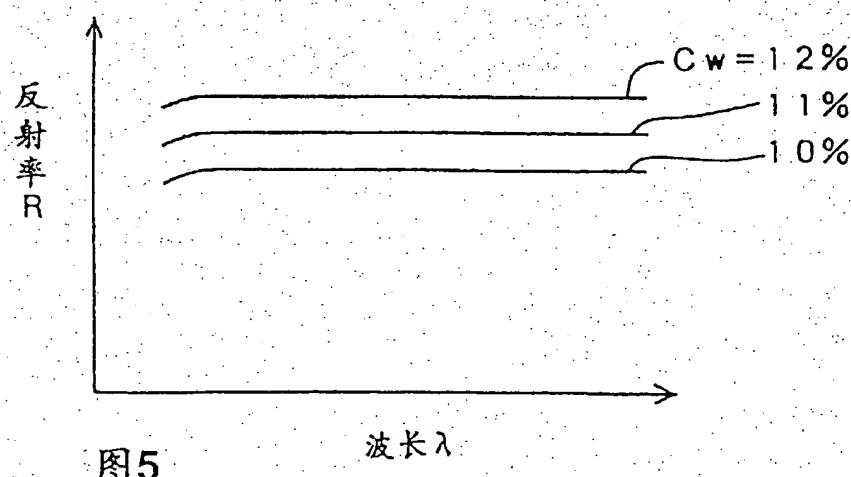


图5

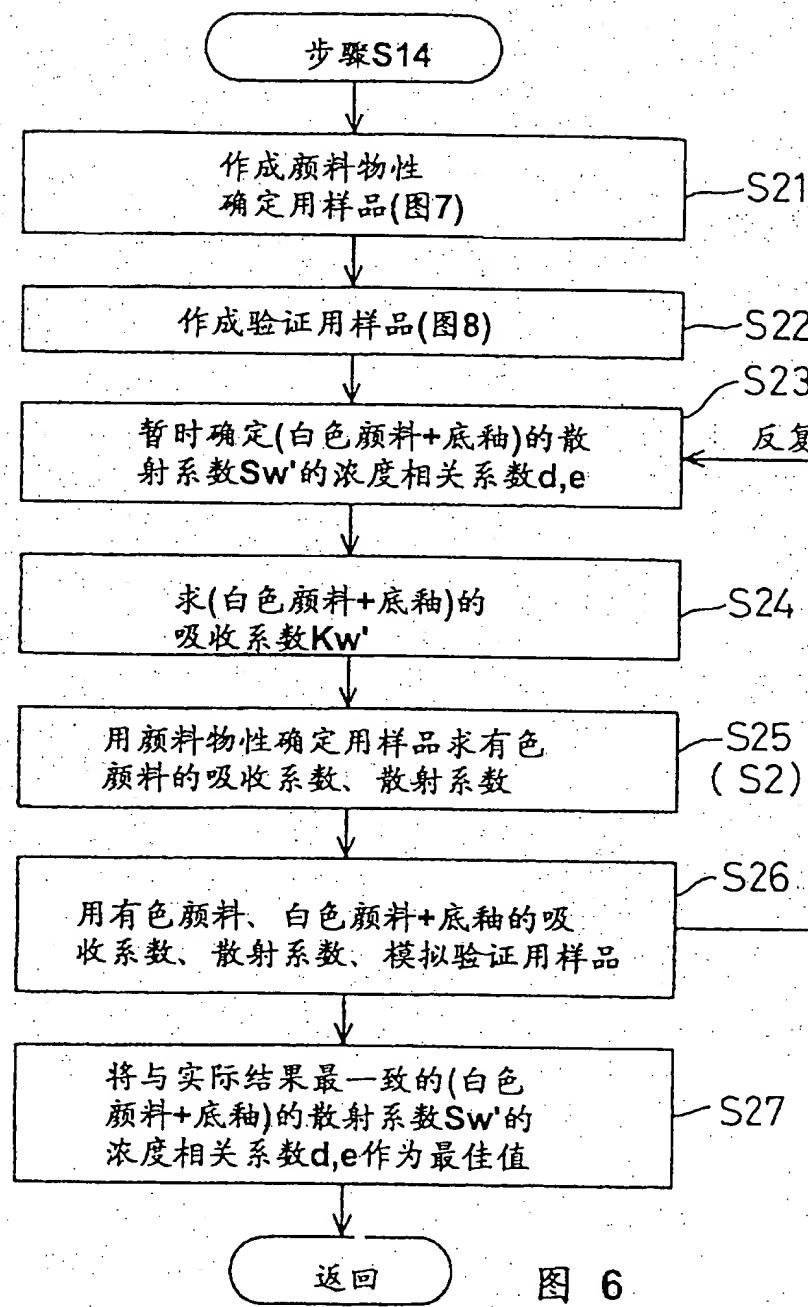


图 6

颜料物性值确定用样品的配合率

样品	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
有色颜料	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0
白色颜料	11.0	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0
底釉	100.0	←									→	100.0

图 7

验证用样品的配合率

样品 颜料	D1	D2	D3	D4
蓝色	5.00	0.10	0.10	0.50
红色	0.10	9.00	0.50	2.00
黄色	0.50	0.50	11.00	2.00
白色	6.40	2.40	0.40	7.50

图 8

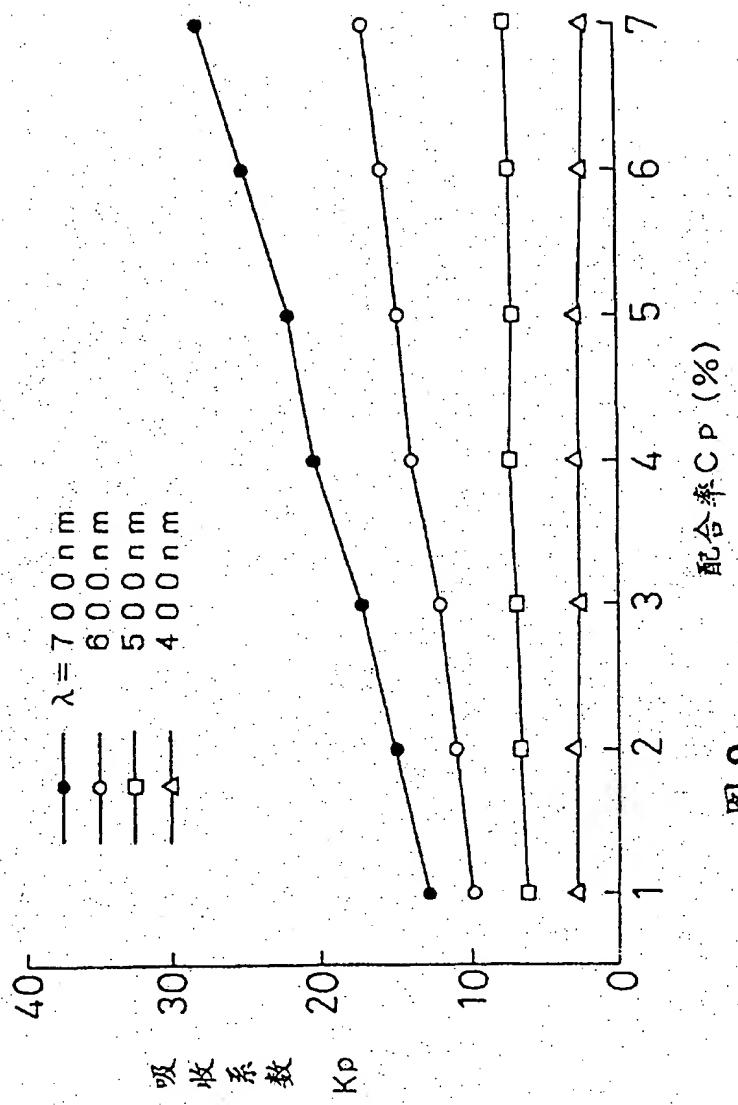


图 9

样品	颜料	实际调合率 (w t %)	实施例的调合率 (w t %)	比较例的调合率 (w t %)
P1	蓝色	0.50	0.47	0.35
	红色	0.50	0.55	0.43
	黄色	2.00	1.98	2.05
	白色	9.00	9.01	9.17
	均方差	—	0.0010	0.0147
	蓝色	8.00	8.01	8.30
P2	红色	1.00	1.43	2.26
	黄色	1.00	0.89	0.28
	白色	2.00	1.67	1.17
	均方差	—	0.0765	0.7212
	蓝色	10.00	10.12	11.23
	红色	0.50	0.37	0.01
P3	黄色	0.50	0.63	0.27
	白色	1.00	0.88	0.49
	均方差	—	0.0157	0.5165
	∞	—	—	—

图 10

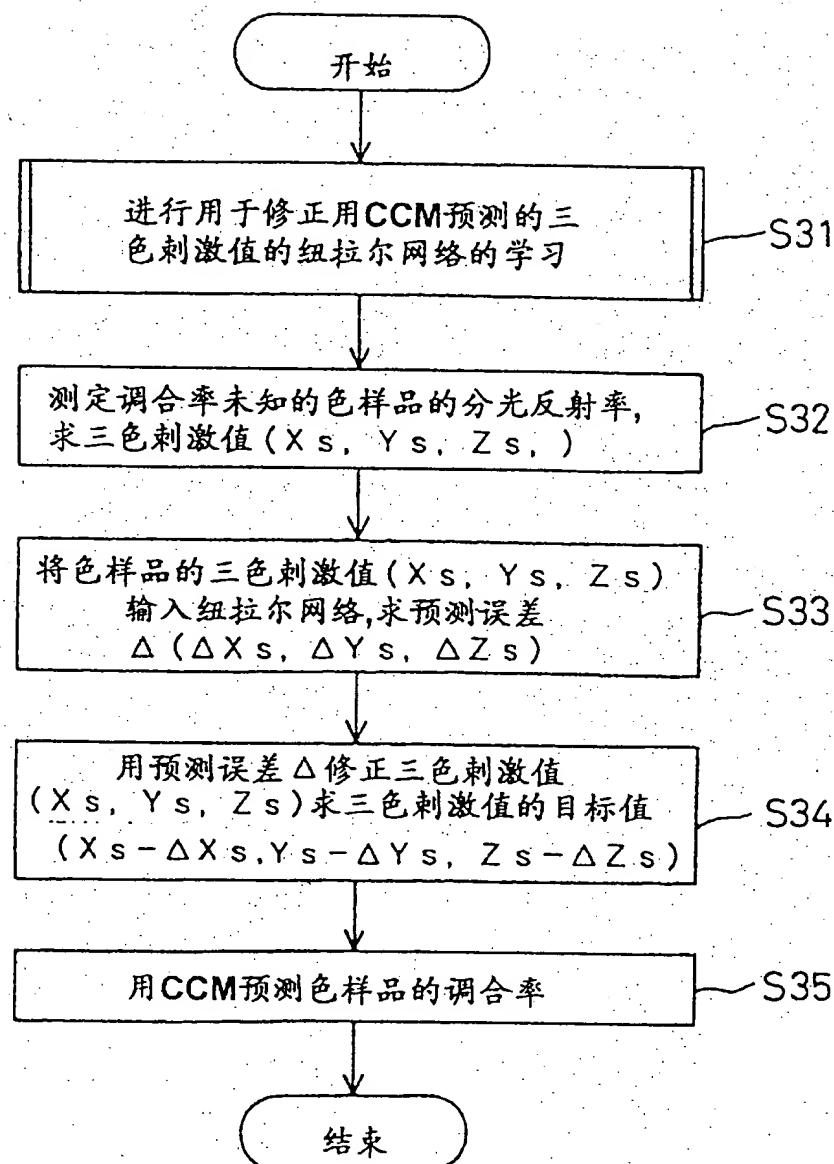


图 11

纽拉尔网络的结构

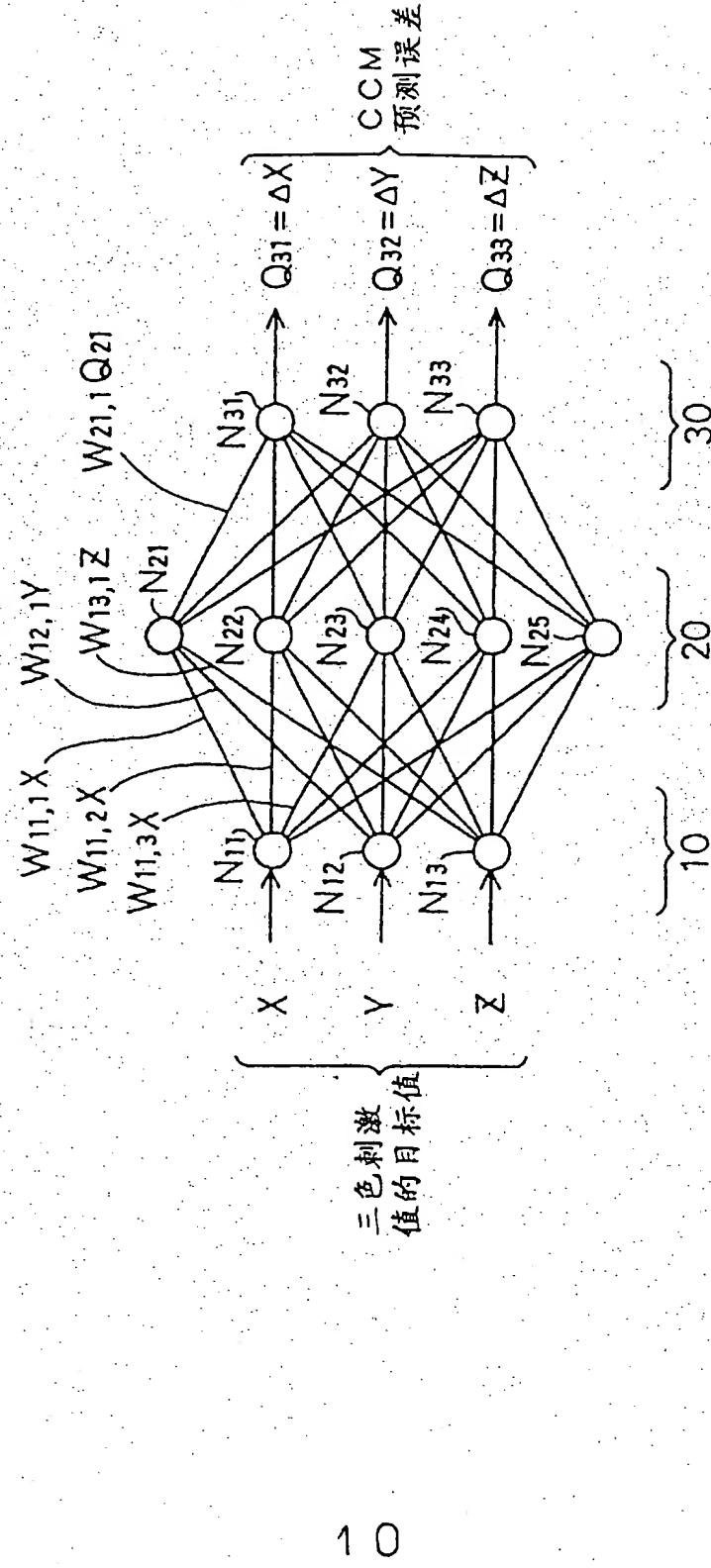


图 12

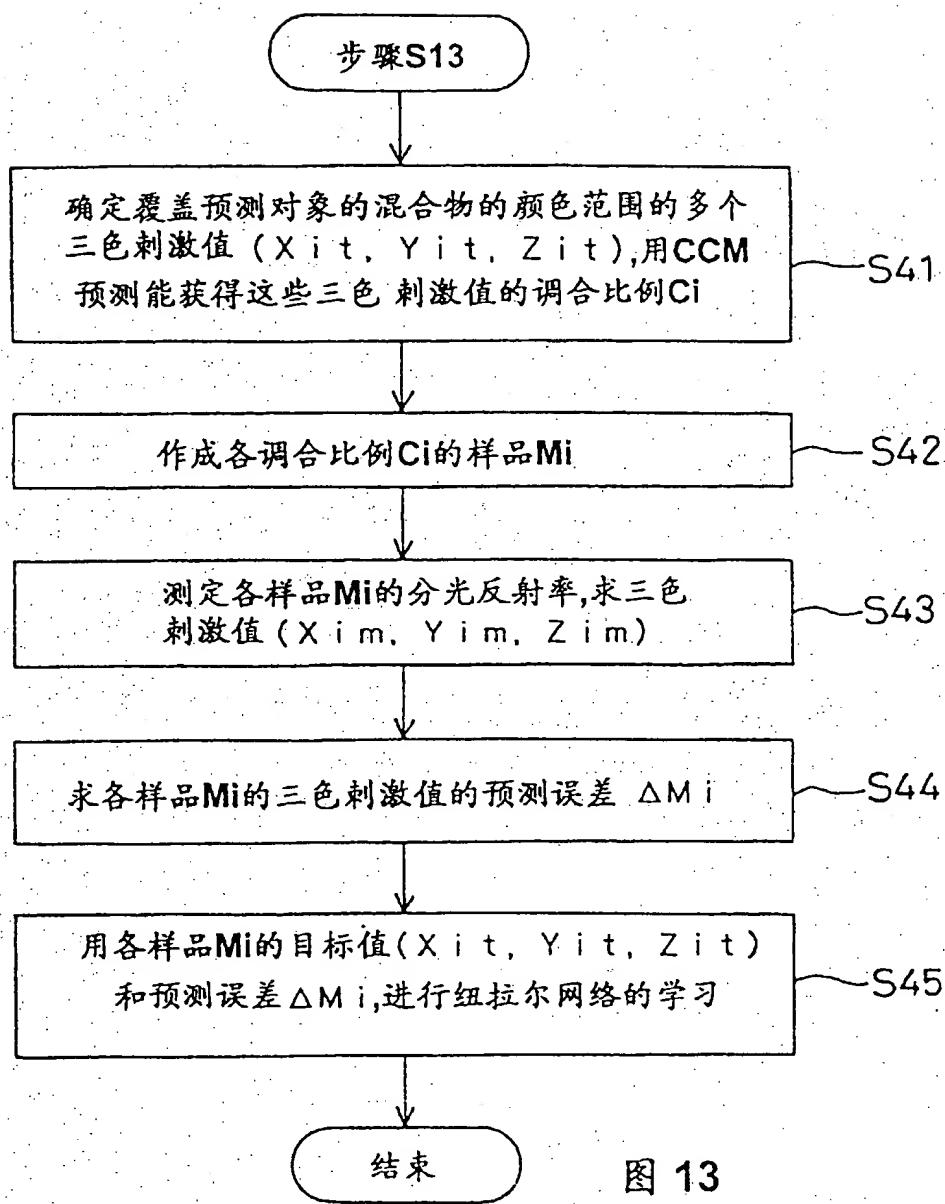


图 13

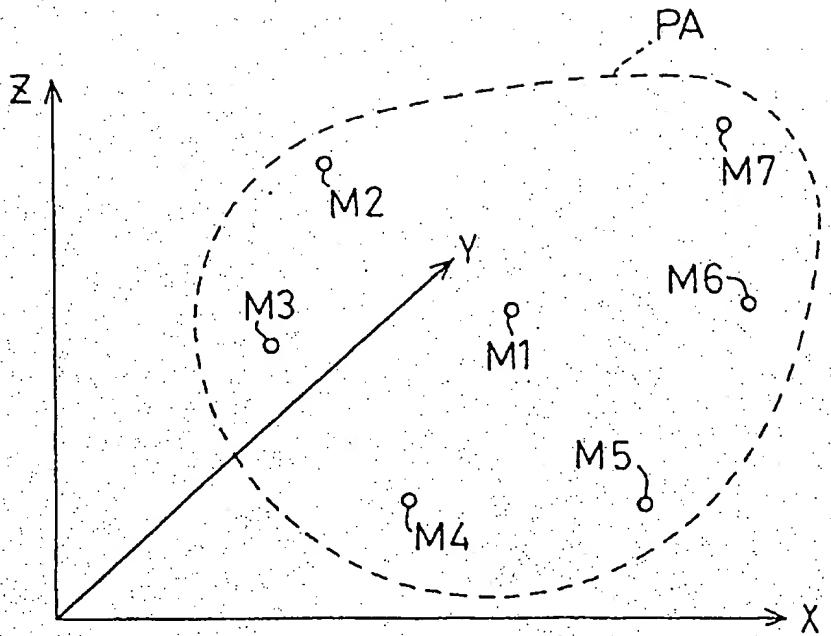
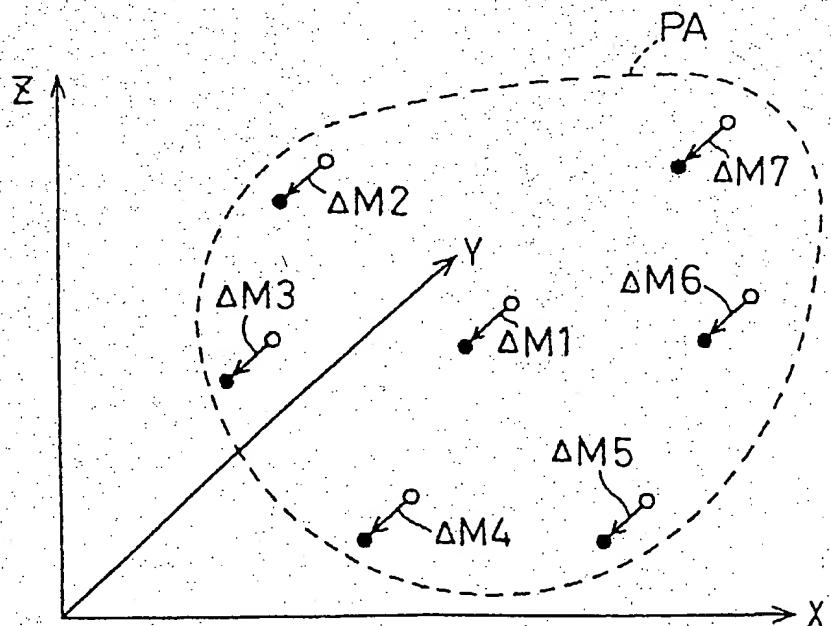


图 14



预测误差  $\Delta M_i = (\text{实施值}) - (\text{目标值})$

图 15

学习数据

	CCM 目标值		误差	
	X	Y	$\Delta X$	$\Delta Y$
样品 1	X	13.424	$\Delta X$	-0.237
	Y	12.731	$\Delta Y$	-0.243
	Z	28.210	$\Delta Z$	-0.339
样品 2	X	10.442	$\Delta X$	-0.179
	Y	8.547	$\Delta Y$	-0.179
	Z	8.320	$\Delta Z$	-0.526
样品 3	X	9.431	$\Delta X$	-0.323
	Y	7.951	$\Delta Y$	-0.267
	Z	8.319	$\Delta Z$	-0.543
样品 4	X	40.683	$\Delta X$	-1.007
	Y	43.862	$\Delta Y$	-1.517
	Z	11.124	$\Delta Z$	-0.531
样品 5	X	30.143	$\Delta X$	-1.152
	Y	34.429	$\Delta Y$	-1.176
	Z	11.124	$\Delta Z$	-0.483
样品 6	X	10.326	$\Delta X$	-0.057
	Y	8.425	$\Delta Y$	-0.098
	Z	7.854	$\Delta Z$	-0.475
样品 7	X	5.604	$\Delta X$	-0.303
	Y	5.397	$\Delta Y$	-0.301
	Z	9.788	$\Delta Z$	-0.584

图 16

	CCM 目标值		误差(真值)		神经元预测误差	
	X	5.805	$\Delta X$	-0.280	$\Delta X$	-0.308
样品 M8	Y	5.605	$\Delta Y$	-0.280	$\Delta Y$	-0.291
	Z	10.339	$\Delta Z$	-0.592	$\Delta Z$	-0.558

图 17

CCM 获得的调合率预测的验证结果

颜料	真值调合率	预测调合率
红	7.00	7.01
蓝	1.00	1.00
黄	1.00	1.03
白	3.00	2.96

图 18

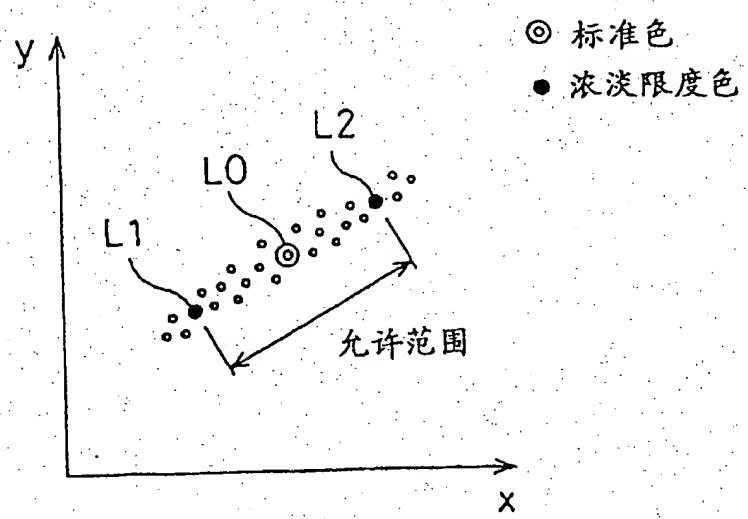


图 19

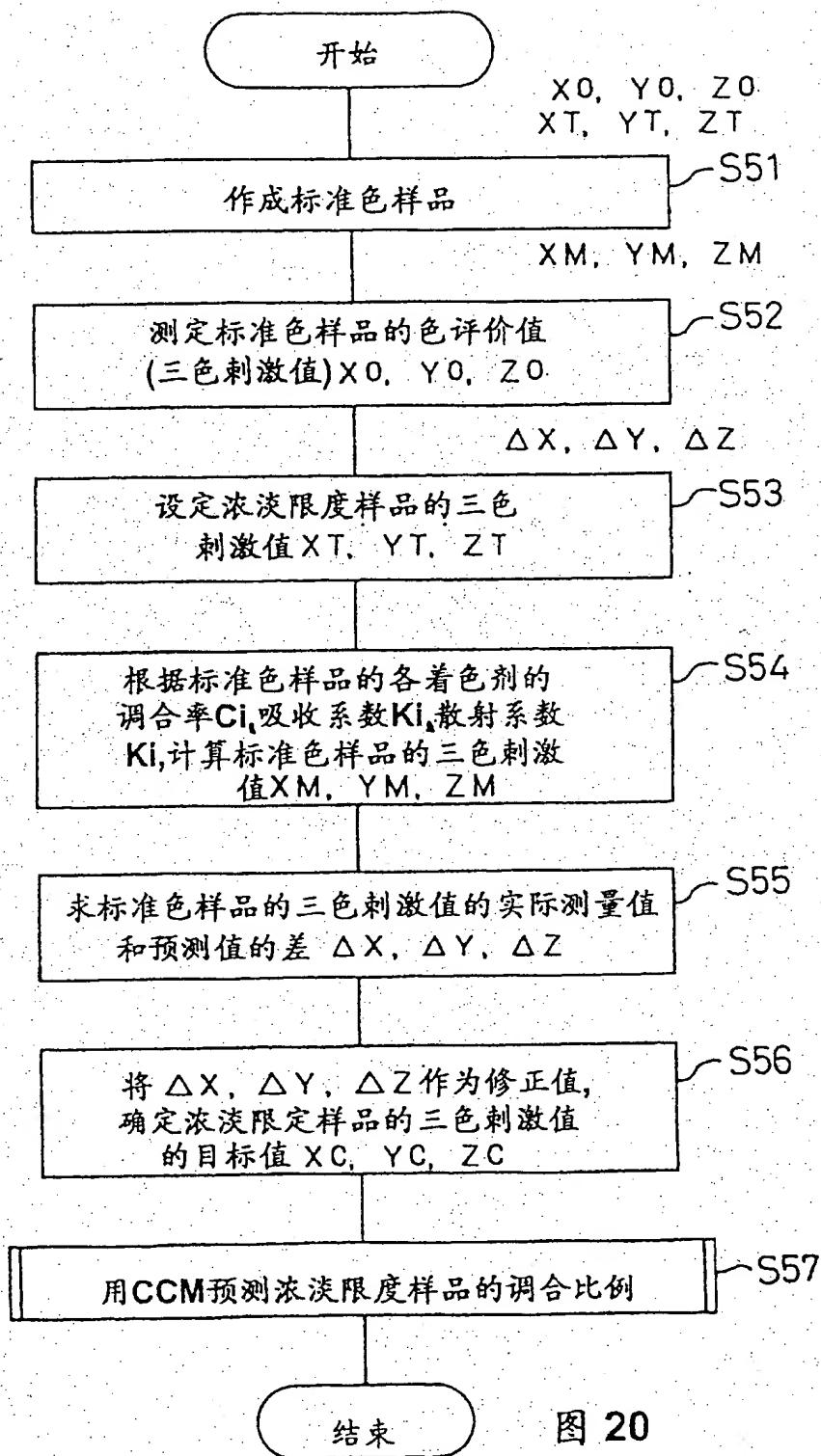


图 20

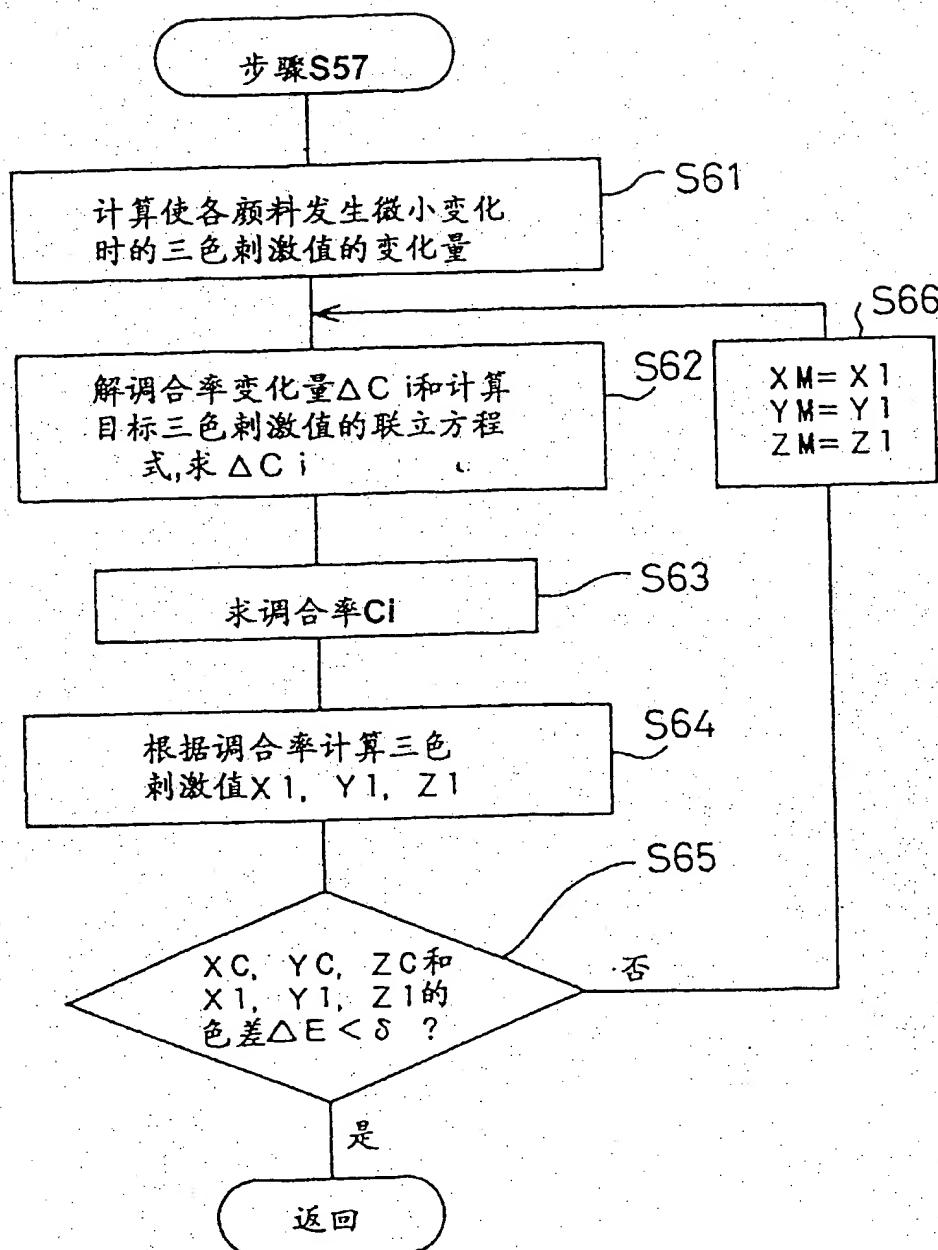


图 21

浓淡限度样品的预测用的三色刺激值(D65光源 10度视野)

样品	三色刺激值	标准色实测 (S 2)	标准色计算 (S 4)	限度见本设定值 (S 3)
T 1	X	X 0=10.26	X M=10.33	X T=10.26
	Y	Y 0=8.33	Y M=8.43	Y T=8.37
	Z	Z 0=7.38	Z M=7.85	Z T=7.79
T 2	X	X 0=41.55	X M=39.33	X T=39.31
	Y	Y 0=47.95	Y M=45.81	Y T=45.79
	Z	Z 0=16.90	Z M=15.68	Z T=15.65
T 3	X	X 0=34.92	X M=35.24	X T=35.26
	Y	Y 0=38.18	Y M=38.75	Y T=38.77
	Z	Z 0=29.93	Z M=30.24	Z T=30.25

图 22

预测结果

样品	颜料色系统	比较例 (X T, Y T, Z T)	实施例 (X C, Y C, Z C)	实际调合率
T 1	红	0.05%	0.13%	0.10%
	蓝	9.23	9.02	9.00
	黄	1.28	0.53	0.50
	白	1.44	2.32	2.40
T 2	红	6.39	6.99	7.00
	蓝	0.83	1.00	1.00
	黄	1.10	1.02	1.00
	白	3.68	2.98	3.00
T 3	红	0.50	0.52	0.50
	蓝	2.21	1.97	2.00
	黄	1.90	1.96	2.00
	白	7.39	7.56	7.50

图 23

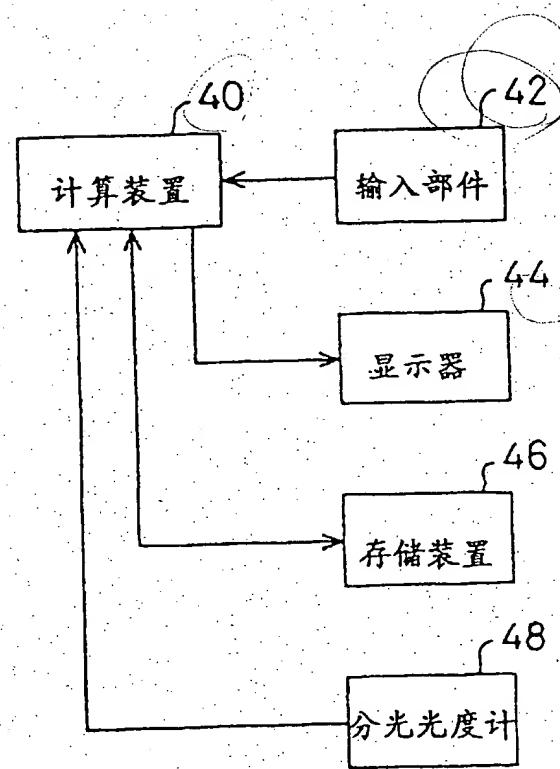


图 24

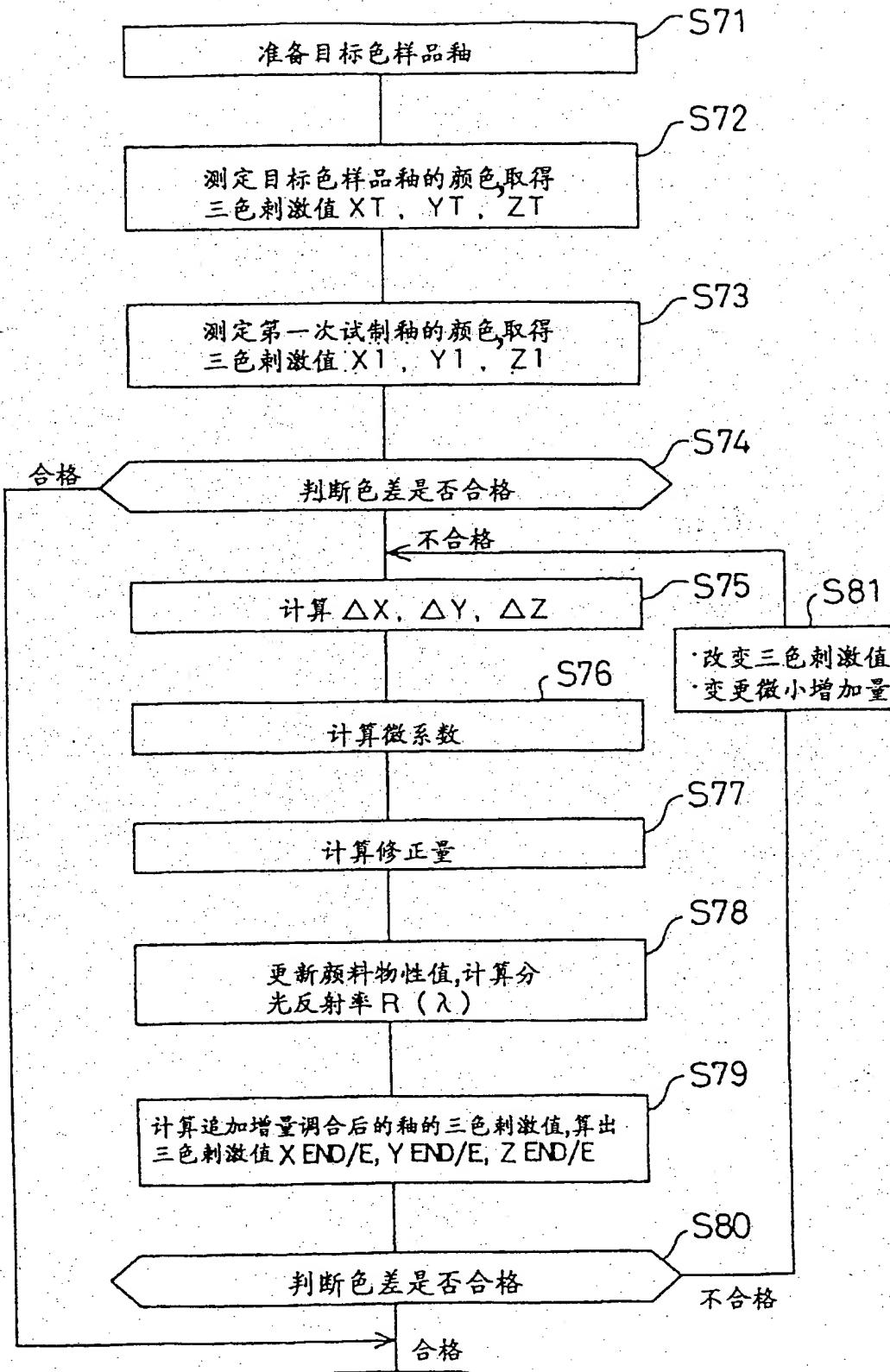


图 25

S91

计算第一次试制釉的三色刺激值，  
算出  $X1/E$ ,  $Y1/E$ ,  $Z1/E$

S92

计算各颜料的微量增加调合后的釉的三色刺激值  
算出颜料1增量的三色刺激值  $X1/1/E$ ,  $Y1/1/E$ ,  $Z1/1/E$   
算出颜料2增量的三色刺激值  $X1/2/E$ ,  $Y1/2/E$ ,  $Z1/2/E$   
算出颜料3增量的三色刺激值  $X1/3/E$ ,  $Y1/3/E$ ,  $Z1/3/E$   
算出白色颜料增量的三色刺激值  $X1/W/E$ ,  $Y1/W/E$ ,  $Z1/W/E$

移至步骤S77

图 26

目标色样品釉和第一次试制釉的对比

		第一次试制釉	目标色样品釉
颜 料 调 合 率	红颜料	0. 171%	0. 205%
	黄颜料	0. 206	0. 268
	蓝颜料	0. 006	0. 024
	白颜料	11. 898	12. 546
	总和	12. 281	13. 043
色 差	X	72. 074	71. 834
	Y	75. 643	75. 446
	Z	72. 831	71. 632
色差 $\Delta E^*$		0. 82	---

图 27

对各颜料计算微系数

	颜料 1	颜料 2	颜料 3	
	红颜料	黄颜料	蓝颜料	白颜料
$\partial X / \partial c_i$	-1453.84	-649.06	-2870.34	76.91
$\partial Y / \partial c_i$	-2012.63	-528.48	-2114.86	82.77
$\partial Z / \partial c_i$	-2454.25	-2347.41	-267.15	111.63

图 28

	调合完成釉		目标色样品釉
颜 料 调 合 率	红颜料	0. 189%	0. 205%
	黄颜料	0. 245	0. 268
	蓝颜料	0. 011	0. 024
	白颜料	12. 599	12. 546
	总和	13. 043	13. 043
色 值	X	72. 372	71. 834
	Y	75. 971	75. 446
	Z	72. 641	71. 632
色差 $\Delta E^*$	0. 47	---	

图 29

		调合完成釉	目标色样品釉
颜 料 调 合 率	红颜料	0. 189%	0. 205%
	黄颜料	0. 271	0. 268
	蓝颜料	0. 010	0. 024
	白颜料	12. 576	12. 546
	总和	13. 046	13. 043
色 值	X	72. 260	71. 834
	Y	75. 870	75. 446
	Z	72. 063	71. 632
色差△E*		0. 20	---

图30

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: \_\_\_\_\_**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.